

**SOFTWARE PARA ANALISIS CINEMATICO DE MECANISMOS DE
BARRAS EN EL ESPACIO**

**JOHANDY ALBERTO CRIOLLO DRADA
GILDARDO ALBERTO GOMEZ SALAZAR**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
ADOLFO LEON GOMEZ
Ingeniero Mecánico**

Universidad Autónoma de Occidente
SECCION BIBLIOTECA

020403

**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE
DIVISION DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
SANTIAGO DE CALI
1995**



C.U.A.O
BIBLIOTECA



0021927

T
005.1
09315
p.1

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Grado
en cumplimiento de los requisitos
exigidos por la Corporación Universitaria
Autónoma de Occidente para optar al
Título de Ingeniero Mecánico.

Director

Jurado

Donación - Jhonatan, Alberto Cuollo 95-X1-16

Santiago de Cali, Noviembre de 1995

AGRADECIMIENTOS

Los Autores expresan sus agradecimientos a

ADOLFO LEON GOMEZ, Ingeniero Mecánico, Profesor de la Universidad Autónoma de Occidente.

RICARDO DE LA PARRA, Ingeniero Mecánico.

DEDICATORIA

A mis padres y amigos.

Johandy Alberto Criollo Drada

A mis padres y hermanos,
A Mónica y Juan Andres
A Enrique e Irma

Gildardo Alberto Gómez Salazar

TABLA DECONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	
1. MARCO TEORICO	1
1.1 APROXIMACION GEOMETRICA DE ORUGAS CUERPO, AGUILON Y PLUMA	2
1.1.2 Análisis del Cuerpo	3
1.1.3 Análisis Aguilón	3
1.1.4 Análisis de la Pluma	4
1.2 ANALISIS DE MECANISMO DE CUATRO BARRAS	6
1.3 ANALISIS ESTATICO DE LA MAQUINA	9
1.4 ECUACIONES GENERALES	10
1.4.1 Análisis del Cucharón	10
1.4.2 Análisis de la Barra 2	11
1.4.3 Análisis de la Barra 1	12

	Pág
1.4.4 Análisis de la Pluma	13
1.4.5 Análisis del Aguilón	15
1.4.6 Análisis General	16
1.5 SOLUCION DE SISTEMA DE ECUACIONES	19
1.6 ANALISIS DE LA FUERZA DE EXCAVACION EN EL CUCHARON	20
1.6.1 Excavación con el Cucharón	21
1.6.2 Excavación con la Pluma	22
2. SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA	23
2.1 HERRAMIENTAS EMPLEADAS	23
2.1.1 C.A.D. Diseño Asistido por Computador	24
2.1.2 Lenguaje de Programación Auto Lisp	24
2.1.3 Lenguaje de Programación en C	25
2.1.4 Interacción entre C, AutoLisp y Autocad	26
2.2 . DESCRIPCION DEL MANEJO DE LAS BASES DE DATOS	27
2.2.1 Bases de Datos para MAQUINA.LSP	27
2.2.2 Bases de Datos para FUERZA.LSP	28
2.3 ALGORITMO MAQUINA	30
2.3.1 Ajuste de Condiciones del Ambiente de Trabajo (FUNCION IniciaParametros)	31

	Pág
2.3.2 Leer Datos Iniciales (FUNCION LeeDatos)	31
2.3.3 Función Dato	31
2.3.4 Dibujar Maquina en posición Inicial (Función DibujaMaquina)	32
2.3.5 Función CalculaCuatroBarras	34
2.3.6 Simulación del movimiento del modelo	35
2.3.7 Función Maneje	35
2.3.8 Asignar Teclas para movimientos y calculos de fuerzas	35
2.3.9 Asignar Teclas para mirar el modelo	36
2.3.10 Función AdmOpcionFzas	37
2.3.11 Función CalcFuerzas	37
2.3.12 Función RotarA	38
2.3.13 Función CreaConjuntos	38
2.3.14 Función Selset	39
2.3.15 Función ActualizePuntos	39
2.3.16 Función Extremo	40
2.3.17 Función Caract	41
2.3.18 Función RotarB	41
2.3.19 Función RotarC	42
2.3.20 Función Rotar	42

	Pág
2.4 ALGORITMO FUERZAS	43
2.4.1 Calcular Coeficientes del sistema de Ecuaciones (Función CalcMatriz)	43
2.4.2 Localizar Fuerza para cargar el sistema (Función LeeDibFzaExc)	44
2.4.3 Función LeeFza	45
2.4.4 Función ConvDato	46
2.4.5 Crear Matriz Inicial (Función Inicie Matriz)	46
2.4.6 Calcular Coeficientes Variables	46
2.4.7 Reemplazar Coeficientes Variables en la Matriz Inicial (Función Reemp)	46
2.4.8 Escribir Datos de la Matriz (Función EscMat)	47
2.4.9 Resolver Matriz Final (Función Solsis)	47
2.4.10 Leer Fuerzas obtenidas con Solsis (Función LeeFuerzas)	47
2.4.11 Calcular Fuerzas de Sustentación (Función CalcFzasSust)	48
2.4.12 Dibujar todas las Fuerzas (Función DibujeFuerzas)	49
2.4.13 Dibujar Fuerzas en los pivotes (Función Dibuje FzaPivote)	49
2.4.14 Dibujar las Fuerzas en los Gatos (Función Dibuje FzaGato)	49
2.4.15 Dibujar Fuerzas de Sustentación (Función Dibuje FzaSust)	50

	Pág
2.4.16 Borrar Flechas de Fuerza (Función BorreFlechas)	50
2.5 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL	51
3. PROGRAMA COMENTADO	52
3.1 PROGRAMA MAQUINA.LSP	52
3.2 PROGRAMA FUERZAS.LSP	59
4. MANUAL DEL USUARIO	66
4.1 REQUERIMIENTOS DEL HARDWARE	66
4.2 REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE	66
4.3 INSTALACION DEL PROGRAMA	67
4.3.1 Crear Directorio	67
4.3.2 Copiar Archivos	67
4.4. COMO ENTRAR EN AUTOCAD	68
4.4.1 El Editor de dibujo	70
4.4.1.1. Area Gráfica	70
4.4.1.2 Area de Mensajes y Ordenes	70
4.4.1.3 Area del Menú de Pantalla	71
4.4.1.4 Línea de Estado/Barra de Menús	72
4.5 COMO ARRANCAR EL PROGRAMA DE LA RETROEXCAVADORA	72
4.6 IMPRIMIR MODELOS Y SALIR DEL PROGRAMA	74
4.7 MANEJO DE LA MAQUINA	75

	Pág
4.7.1 Menú de Barra Manejar	75
4.7.1.1. Botones	75
4.7.1.2 Parar	76
4.7.1.3 Reiniciar	76
4.7.2 Menú de Barra Fuerzas	76
4.7.2.1 F Calculo Fuerzas	76
4.7.2.2 O Fin Fuerzas	77
4.7.2.3 D Salir a imprimir	77
4.7.3 Menú de Barra Mirar	78
4.7.3.1 W Ventana	78
4.7.3.2 P Previo	79
4.7.3.3 V Punto Vista	79
4.7.3.4 Y Punto Vista Inicial	80
4.7.4 Menú de Barra Animación	80
4.7.4.1 Saca Fotos	80
4.7.4.2 Fin Fotos	81
4.7.4.3 Ver Fotos	81
4.8 REPORTES POR IMPRESORA	83
4.8.1 Menú de Barra Reportes	83
4.8.1.1 Datos Básicos	83
4.8.1.2 Reporte Fuerzas	85

	Pág
4.9 MODIFICACION MAQUINAS	86
4.9.1 Crear nuevo archivo	86
4.9.2 Modificar Angulos	86
4.9.3 Modificar Longitudes de los elementos	87
5. GUIA PARA SOLUCIONAR OTROS PROBLEMAS	89
5.1 FILOSOFIA O METODO DEL PROGRAMA	89
5.2 DEFINICION GEOMETRICA DE LOS ELEMENTOS DE LA MAQUINA	90
5.3 RUTINAS DEL PROGRAMA QUE NO DEPENDEN DEL PROBLEMA	91
5.4 ANALISIS VOLCAMIENTO MODELO	98
5.4.1 Volcamiento con P1 negativo	98
5.4.2 Volcamiento con P2 negativo	99
5.5 APLICACIONES A OTRAS MAQUINAS	100
5.6 APLICACION A PROBLEMAS DINAMICOS	102
6. CONCLUSIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	105

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Geometría de las Orugas	2
FIGURA 2. Geometría de la Cabina	3
FIGURA 3. Geometría del Aguilón	4
FIGURA 4. Geometría de la Pluma	5
FIGURA 5. Geometría Mecanismo de Cuatro Barras	6
FIGURA 6. Modelo Matemático Mecanismo de Cuatro Barras	8
FIGURA 7. Condiciones Iniciales Análisis Estático de la Maquina	9
FIGURA 8. Fuerzas en el Cucharón	10
FIGURA 9. Fuerzas en la Barra 2	11
FIGURA 10. Fuerzas en la Barra 1	12
FIGURA 11. Fuerzas en la Pluma	13
FIGURA 12. Fuerzas en el Aguilón	15
FIGURA 13. Análisis General de Fuerzas en la Retroexcavadora	16

	Pág
FIGURA 14. Excavación con el Cucharón	21
FIGURA 15. Excavación con la Pluma	22
FIGURA 16. Modelo General de la Retroexcavadora	30
FIGURA 17. Modelo Retroexcavadora Inicial	32
FIGURA 18. Modelo Retroexcavadora Inicial con Cilindros Hidráulico	33
FIGURA 19. Cuatro Barras	34
FIGURA 20. Transformación de Coordenadas de la Retroexcavadora	40
FIGURA 21. Diagrama de Flujo General	51
FIGURA 22. Area de Mensajes y Ordenes	71
FIGURA 23. Teclas de Control	82
FIGURA 24. Menú de Manejo Retroexcavadora	88
FIGURA 25. Definición Geometrica del Aguilón	91
FIGURA 26. Volcamiento con P1 negativo	98
FIGURA 27. Volcamiento con P2 negativo	99

RESUMEN

El presente trabajo de Grado consiste en la elaboración de un Software para analizar los Mecanismos de Barras en el espacio.

Se inicia con un análisis geométrico de uno de los más completos ejemplos de Mecanismos de Cuatro Barras: la RETROEXCAVADORA, se estudian cada una de sus partes, se plantean las Ecuaciones Generales y se explica la forma de solucionar dichas ecuaciones.

Luego se explican las herramientas de hardware y software que se utilizaron, describiendo cada una de las bases de datos empleadas. Se explican igualmente los Algoritmos creados y cada una de sus funciones.

Posteriormente, se transcribe el programa de computador que muestra en pantalla el dibujo, en el cual se simulan los movimientos que hacen las maquinas que trabajan con mecanismos de barra y calcula las fuerzas..

Después, se realiza un Manual explicativo de la forma como trabaja el programa y de como se puede acceder a el, explicando cada uno de los comandos y su forma de usarlo.

Por último, se explica como esta solución se puede aplicar a otros problemas similares.

INTRODUCCION

El estudio de los mecanismos de barras es una parte muy importante en la ingeniería mecánica dada su complejidad y la gran cantidad de aplicaciones en la vida practica.

Los mecanismos de barras se emplean en maquinaria para el movimiento de tierras como las retroexcavadoras, los bulldozers, cargadores etc. También existen maquinas para trabajos más específicos como los cargadores de caña de los ingenios, que en determinado momento requieren ser analizados y estudiados.

a necesidad de crear un método de solución y análisis de problemas que involucren los mecanismos de cuatro barras y en especial su aplicación a las de alcanzar durante la elaboración de este proyecto.

Se escogió la retroexcavadora por ser el ejemplo mas complejo en el cual se aplican los llamados mecanismos de cuatro barras, pero el método de

análisis y solución seguido, puede ser aplicado a otras maquinas como cargadores , bulldozeros etc.

Después de obtener una solución teórica al problema, se desarrolló un software con el cual se controla el movimiento del modelo de la maquina en tres dimensiones, el calculo de fuerzas en los elementos constitutivos de la misma, la fuerza de reacción que efectúa el suelo que soporta la maquina durante su funcionamiento y dos reportes con la información tanto geométrica como de calculo de fuerzas de la retroexcavadora.

La solución del problema se basa en un análisis geométrico, tomando como base los ejes de cada elemento constitutivo de la maquina, debido a que la forma externa de los elementos no influye en los movimientos o curvas descritas durante el funcionamiento de la misma.

Para la solución del problema se emplearon varias herramientas como AUTOCAD, AUTOLISP y Lenguaje C.

Se aprovecharon las bondades y poder gráfico de Autocad, la facilidad de crear rutinas o pequeños programas en Autolisp que hacen mas eficiente el funcionamiento gráfico del modelo de la retroexcavadora y la eficiencia para la elaboración de cálculos matemáticos que posee el lenguaje C.

Se dejan las bases para que en el futuro, a este trabajo se le puedan adicionar por ejemplo cálculos de tipo estructural de la maquina o cálculos del sistema hidraulico de la misma.

Lo más importante de este proyecto no es el empleo de programas como Autocad o Autolisp sino el método de análisis y solución del problema propuesto.

1. MARCO TEORICO

Con este trabajo se pretende crear un método o filosofía de análisis, para poder atacar las diferentes aplicaciones de los mecanismos de barras con los que cualquier persona se puede encontrar en la vida real.

También se calcularán las fuerza que se generan en los pivotes, gatos y barras, incluyendo la reacción que el suelo le ejerce a la máquina durante su funcionamiento.

Las fuerzas se calcularán con las ecuaciones obtenidas a partir de un análisis estático.

En este caso particular haremos un estudio de las RETROEXCAVADORAS, las cuales son uno de los ejemplos más completos en las aplicaciones de mecanismos.

1.1. APROXIMACION GEOMETRICA DE ORUGAS, CUERPO, AGUILON Y

PLUMA

1.1.1. Análisis de Orugas. Las orugas son el elemento que está en contacto directo con la superficie que soporta toda la máquina cuando esta se encuentra en funcionamiento. La geometría de las orugas esta definida por :

h = Espesor de las orugas.

l = Longitud de las orugas.

dd = Alto de las orugas.

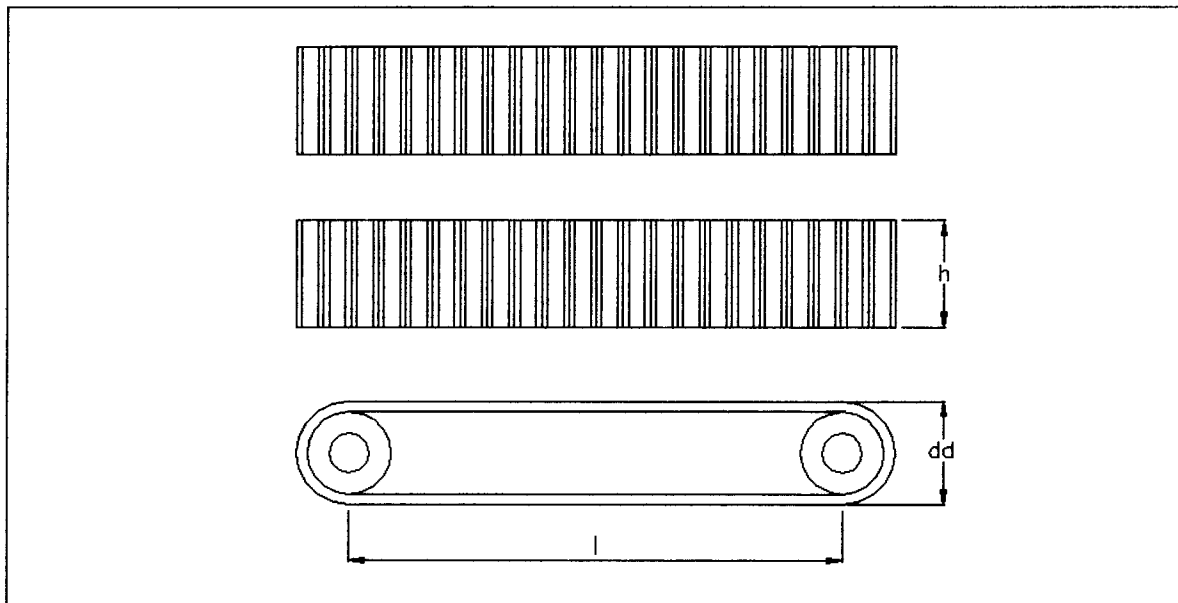


Figura 1. Geometría de las orugas.

1.1.2. Análisis del Cuerpo. El cuerpo o cabina de la retroexcavadora va unida a las orugas y a al aguilón. La geometría del cuerpo esta definida de una forma única o estándar, la cual variaría en tamaño pero no en forma.

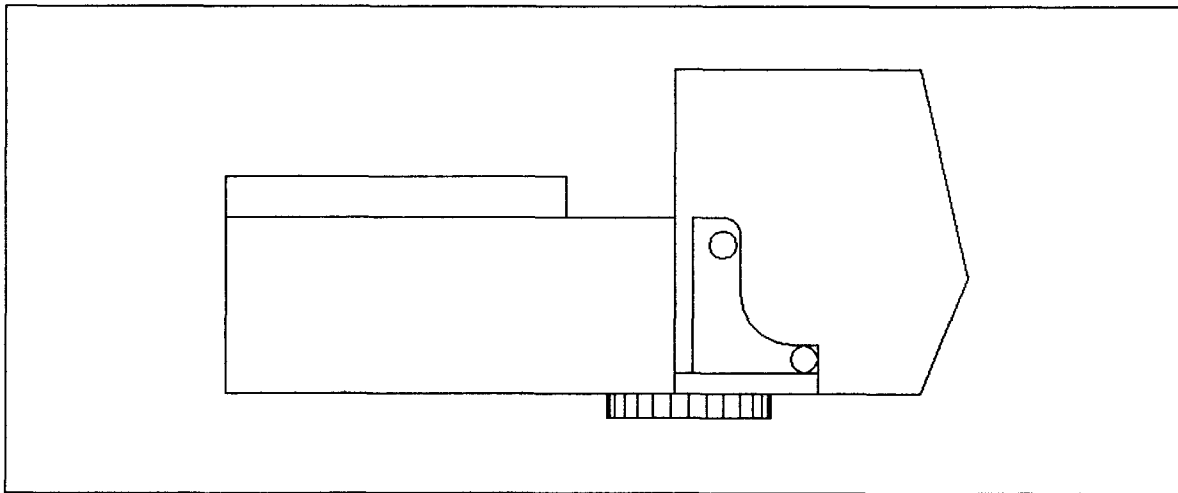


Figura 2. Geometría de la cabina

1.1.3. Análisis Aguilón El aguilón es un elemento estructural que puede ser construido en diferentes formas, pero cuando se analizaron los ejes principales que lo conforman, se llega a la conclusión de que estos no dependen de la forma externa que el aguilón pueda tener.

La posición y longitudes de los ejes es lo que determina el comportamiento del aguilón cuando la máquina trabaja.

La geometría del aguilon está definida por :

la = Longitud del aguilon (Eje A-B).

xo = Distancia entre A y O en X.

$cg1x$ = Distancia entre A y cg1 en X.

xm = Distancia entre A y M en X.

yn = Distancia entre M y N en Y.

Y. $cg1y$ = Distancia entre A y cg1 en Y.

yq = Distancia entre O y Q en Y

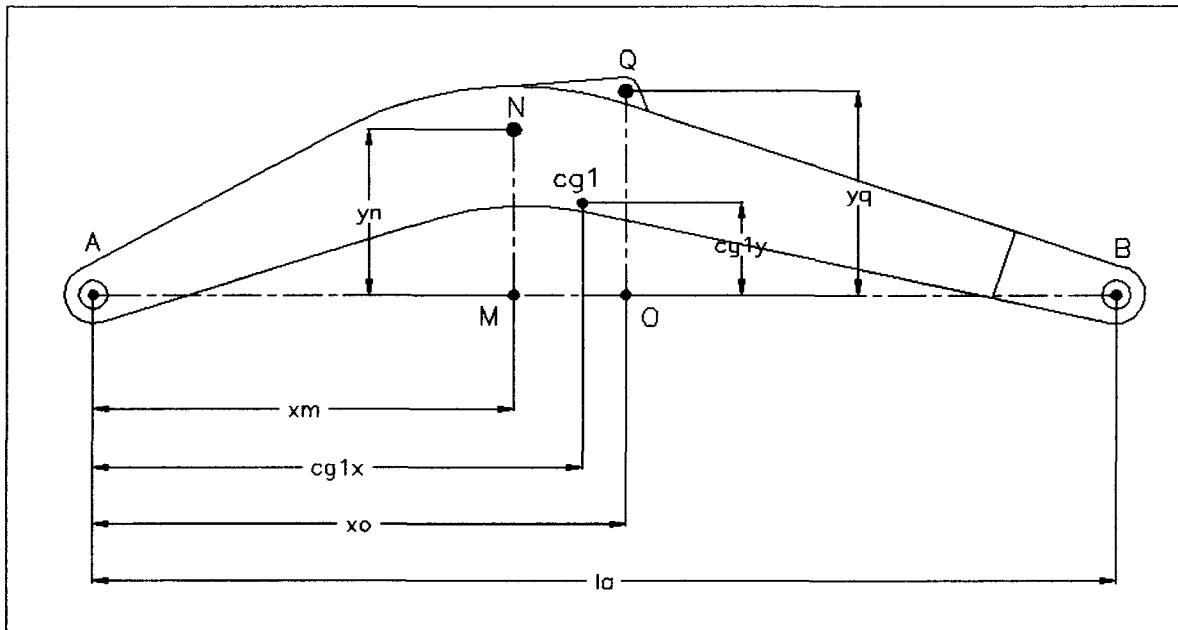


Figura 3. Geometría del aguilon

1.1.4. Análisis de la Pluma. La pluma es un elemento estructural que puede ser construido en diferentes formas, pero cuando se analizaron los ejes principales que la conforman, se llega a la conclusión de que estos no dependen de la forma externa que la pluma pueda tener.

La posición y longitudes de los ejes es lo que determina el comportamiento de la pluma cuando la máquina trabaja.

La geometría de la pluma esta definida por :

l_p = Longitud de la pluma.

x_t = Distancia entre B y T en X.

$cg2x$ = Distancia entre B y cg2 en X.

x_g = Distancia entre B y G en X.

x_s = Distancia entre B y S en X.

y_c = Distancia entre T y C en Y.

$cg2y$ = Distancia entre B y cg2 en Y.

y_g = Distancia entre G y H en Y.

y_r = Distancia entre B y S en Y.

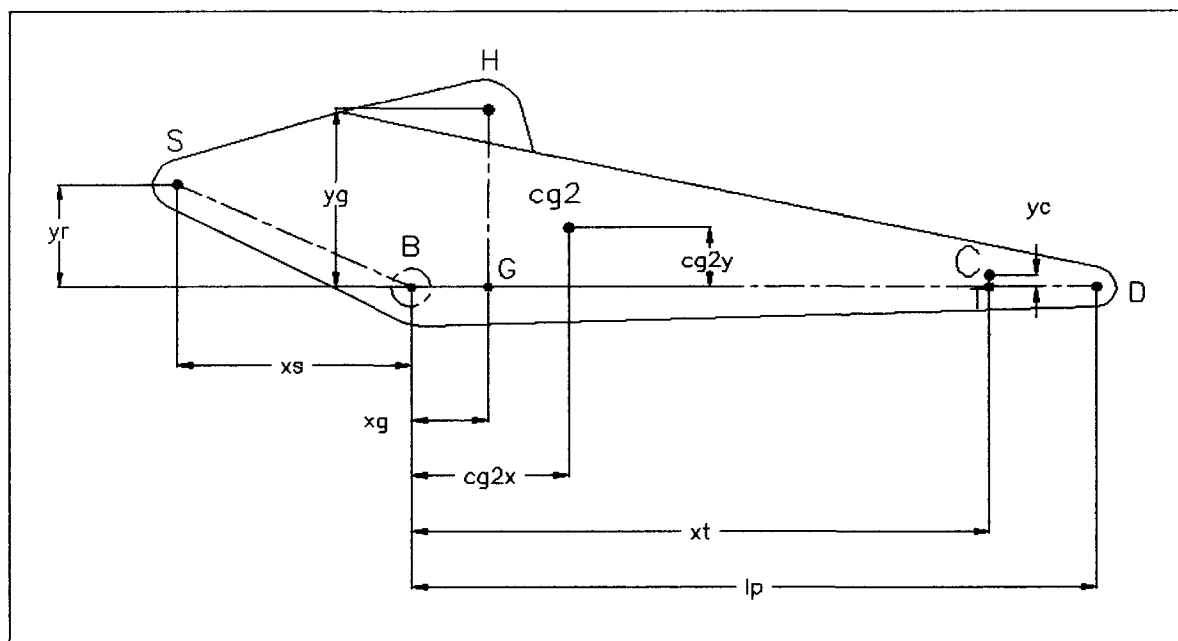


Figura 4. Geometría pluma

1.2. ANALISIS DE MECANISMO DE CUATRO BARRAS.

Este mecanismo controla el movimiento del cucharón, la barra cuatro en realidad es una porción de la pluma y las barras uno y dos son elementos estructurales que están unidos tanto a la pluma como al cucharón. La barra tres hace parte del cucharón.

La geometría del mecanismo de cuatro barras esta definida por :

- lb1 = Longitud del eje barra 1 (Distancia entre C y F).
- lb2 = Longitud del eje barra 2 (Distancia entre F y E).
- lb3 = Longitud del eje barra 3 (Distancia entre D y E).
- lb4 = Longitud del eje barra 4 (Distancia entre C y D).

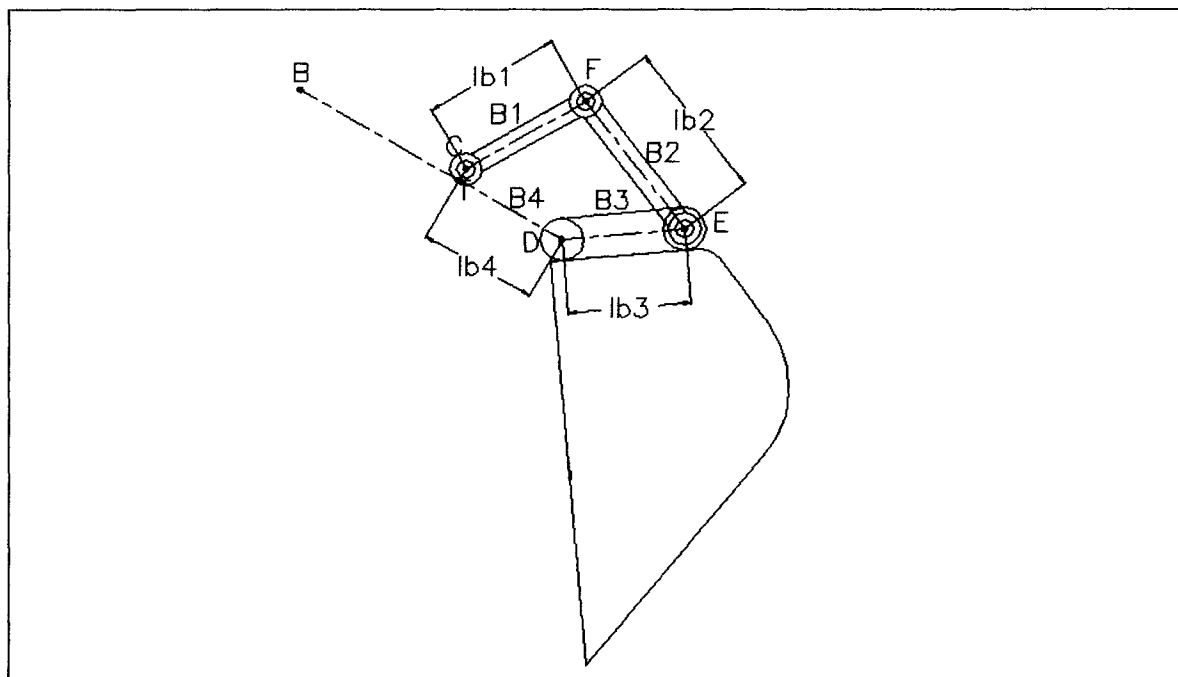


Figura 5. Geometría mecanismo de cuatro barras.

Después de definir la geometría básica del mecanismo de cuatro barras, se realiza una aproximación de este mecanismo a un modelo matemático, que permitirá definir cual es la posición correcta del punto E.

$d = a + b$ = Distancia entre F y D.

$b = d - a$

$lb2$ = Distancia entre F y E = Barra 2 = B2

$lb3$ = Distancia entre D y E = Barra 3 = B3

$x = lb2^2 - a^2 = lb3^2 - b^2$

$lb2^2 - a^2 = lb3^2 - (d - a)^2$

$lb2^2 - a^2 = lb3^2 - d^2 + 2ad - a^2$

$a = (lb2^2 - lb3^2 + d^2) / 2d$

$x = (lb2^2 - a^2)^{1/2}$

Por observación se deduce que que las posiciones validas para el punto E (p1) se encuentran a la izquierda del vector \overline{FD} .

Calcular punto p Polar (PF, ang \overline{FD} , a)

Calcular punto p1 Polar (p, ang $\overline{FD} + \pi/2$, x)

NOTA: La función polar barre ángulos (+) en sentido contrario a las manecillas del reloj.

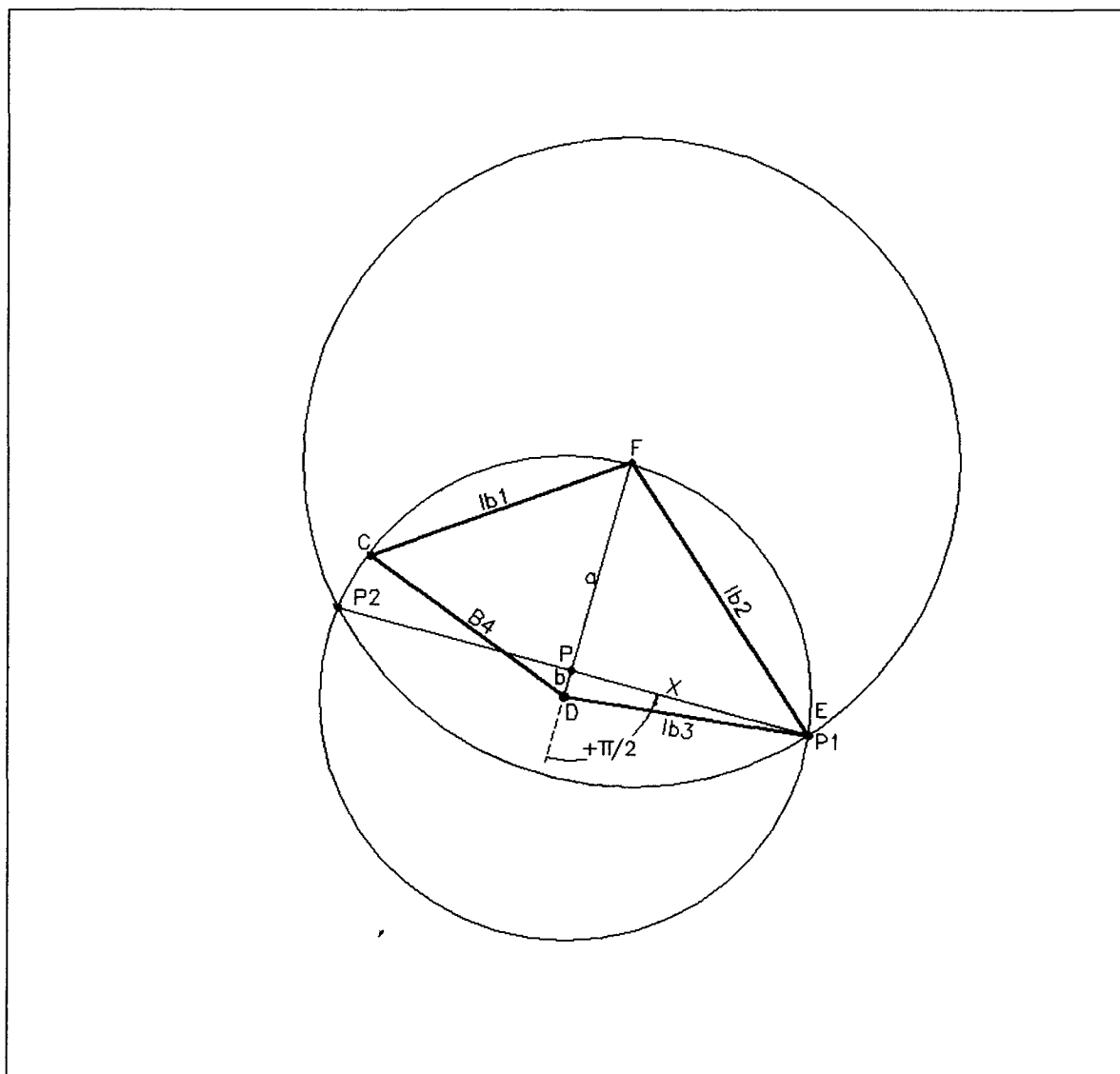


Figura 6. Modelo matematico mecanismo de cuatro barras.

1.3. ANALISIS ESTATICO DE LA MAQUINA

El análisis de fuerzas de la máquina se realizó en forma estática, debido a que las aceleraciones que se generan en los elementos de la misma durante su funcionamiento son despreciables. Se analizara la máquina en un instante de su funcionamiento para obtener las ecuaciones que determinaran las fuerzas en los elementos de la retroexcavadora y en el suelo que la soporta.

Las condiciones iniciales del análisis se definen a continuación:

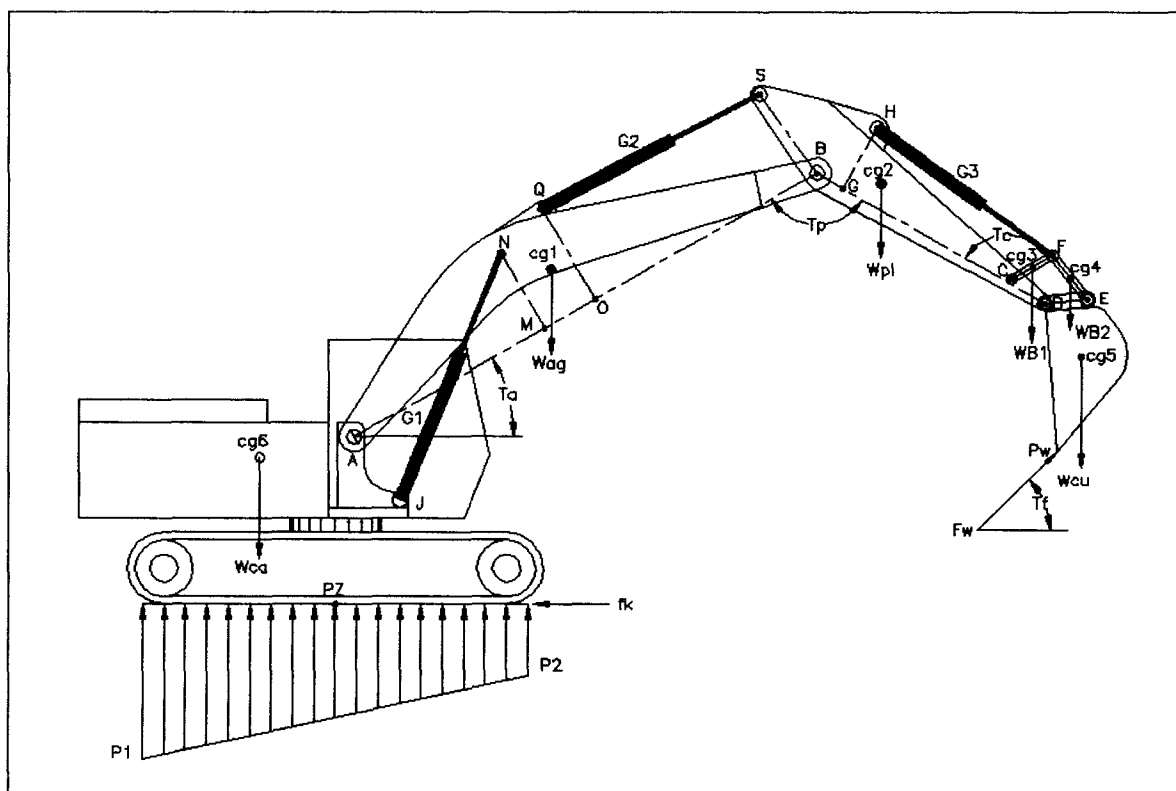


Figura 7. Condiciones iniciales análisis estático de la máquina.

1.4. ECUACIONES GENERALES.

Para obtener estas ecuaciones se descompuso la máquina en sus partes principales, teniendo en cuenta que se realizó análisis estático de los elementos y que el peso de los gatos hidráulicos se considera despreciable.

1.4.1. Análisis del Cucharón

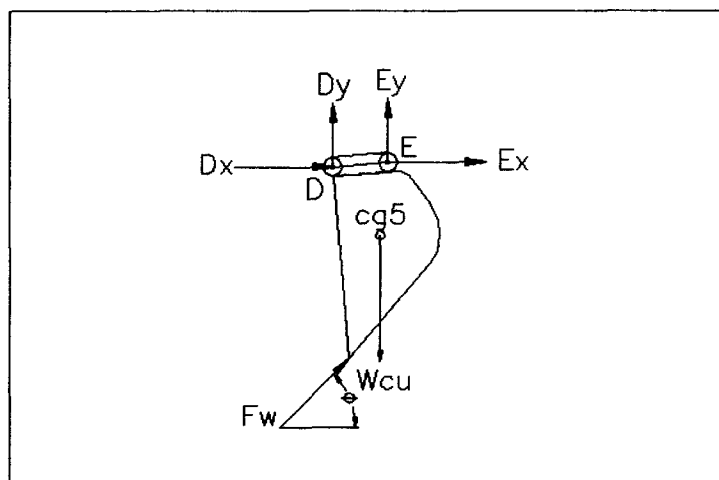


Figura 8. Fuerzas en el cucharón.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$D_x + E_x = -F_w \cos\theta$$

Ecuación # 1

$$\Sigma F_y = 0$$

$$D_y + E_y - W_{cu} + F_w \sin\theta = 0$$

$$D_y + E_y = W_{cu} - F_w \sin\theta$$

Ecuación # 2

$$\Sigma MD = 0$$

$$-E_x (PE_y - PD_y) + E_y (PE_x - PD_x) - W_{cu} (cg5_x - PD_x) - F_w \cos\theta (P_{wy} - PD_y) + F_w \sin\theta (P_{wx} - PD_x)$$

$$-E_x (PE_y - PD_y) + E_y (PE_x - PD_x) = F_w \cos\theta (P_{wy} - PD_y) - F_w \sin\theta (P_{wx} - PD_x) + W_{cu} (cg5_x - PD_x)$$

Ecuación # 3

1.4.2. Análisis de la Barra 2

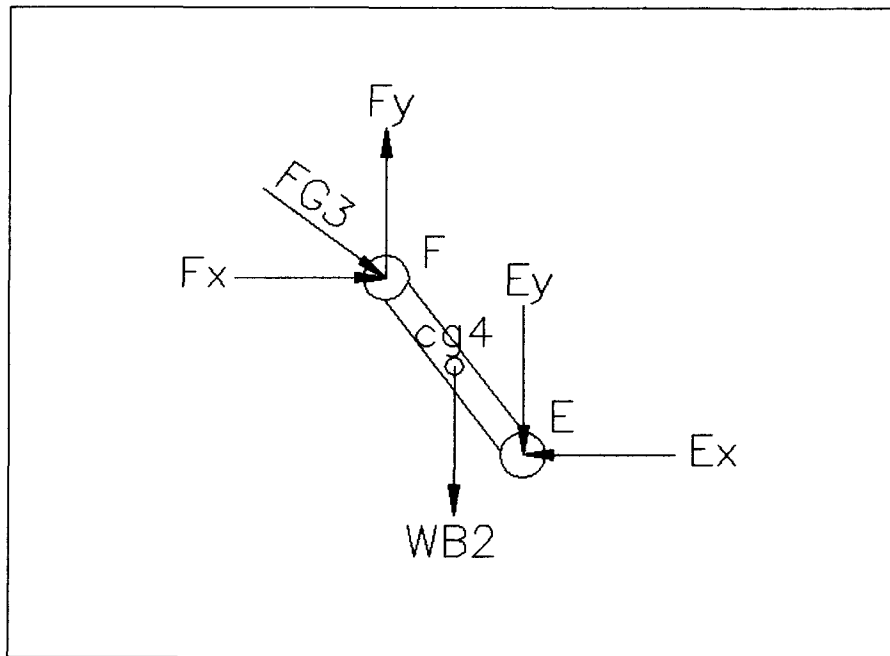


Figura 9. Fuerzas en la barra 2.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_x - E_x + FG3 \cos\theta_4 = 0$$

$$\theta_4 = \text{Angulo } (Ph \rightarrow Pf)$$

Ecuación # 4

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_y - E_y + FG3 \sin\theta_4 - WB2 = 0$$

$$- E_y + F_y + FG3 \sin\theta_4 = WB2 \quad \text{Ecuación \# 5}$$

$$\Sigma MF = 0$$

$$E_x (PE_y - PF_y) - E_y (PE_x - PF_x) - WB2 (cg4_x - PF_x) = 0$$

$$E_x (PE_y - PF_y) - E_y (PE_x - PF_x) = WB2 (cg4_x - Pfx) \quad \text{Ecuación \# 6}$$

1.4.3. Análisis de la Barra 1

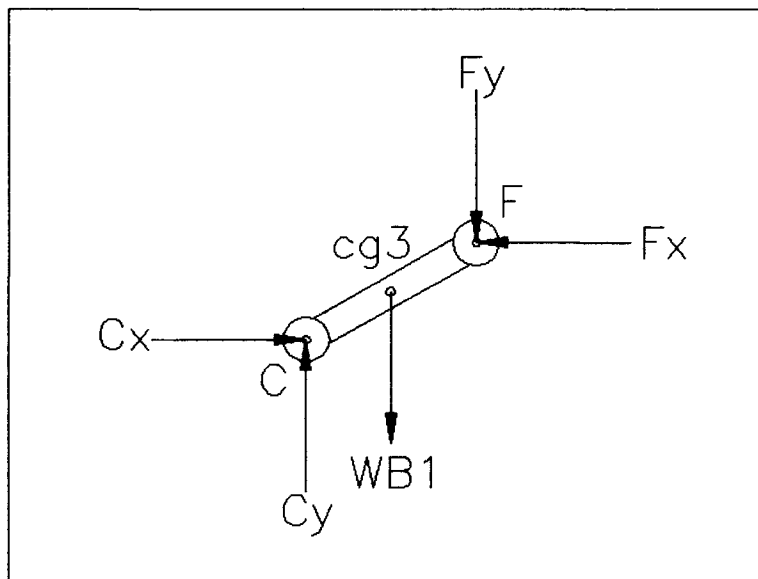


Figura 10. Fuerzas en la barra 1.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$C_x - F_x = 0$$

$$\text{Ecuación \# 7}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$C_y - F_y - WB1 = 0$$

$$C_y - F_y = WB1 \quad \text{Ecuación \# 8}$$

$$\Sigma MF = 0$$

$$C_y (PC_x - PF_x) - WB1 (cg3_x - PF_x) - C_x (PC_y - PF_y) = 0$$

$$- C_x (PC_y - PF_y) + C_y (PC_x - PF_x) = WB1 (cg3_x - PF_x) \quad \text{Ecuación \# 9}$$

1.4.4. Análisis de la Pluma

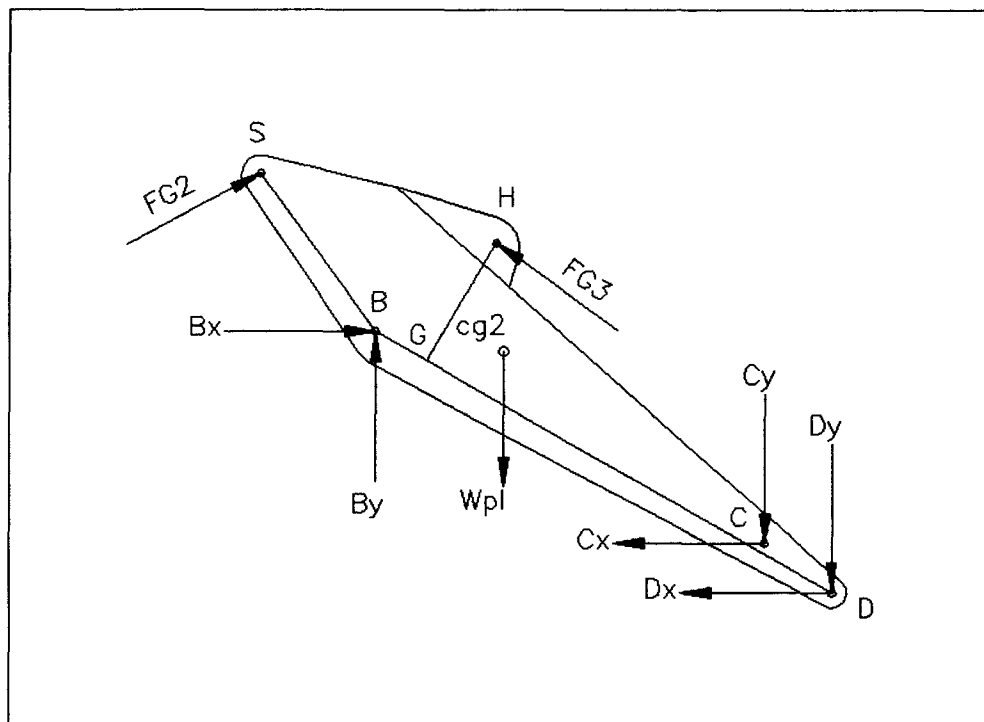


Figura 11. Fuerzas en la pluma.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$FG2 \cos\theta_2 + Bx + FG3 \cos\theta_3 - Cx - Dx = 0$$

$$Bx - Cx - Dx + FG2 \cos\theta_2 + FG3 \cos\theta_3 = 0$$

Ecuación # 10

$$\theta_2 = \text{Angulo } (Pq \rightarrow Ps)$$

$$\theta_3 = \text{Angulo } (Pf \rightarrow Ph)$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$FG2 \sen\theta_2 + By + FG3 \sen\theta_3 - Wpl - Cy - Dy = 0$$

Ecuación # 11

$$By - Cy - Dy + FG2 \sen\theta_2 + FG3 \sen\theta_3 = Wpl$$

$$\theta_2 = \text{Angulo } (Pq \rightarrow Ps)$$

$$\theta_3 = \text{Angulo } (Pf \rightarrow Ph)$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$FG2 \sen\theta_2 (PSx - PBx) - FG2 \cos\theta_2 (PSy - PBy) + FG3 \sen\theta_3 (PHx - PBx) - FG3 \cos\theta_3 (PHy - PBy)$$

$$- Wpl (cg2x - PBx) - Cy (PCx - PBx) + Cx (PCy - PBy) - Dy (PDx - PBx) + Dx (PDy - PBy) = 0$$

$$Cx (PCy - PBy) - Cy (PCx - PBx) + Dx (PDy - PBy) - Dy (PDx - PBx) + FG2 \sen\theta_2 (PSx - PBx)$$

$$- FG2 \cos\theta_2 (PSy - PBy) + FG3 \sen\theta_3 (PHx - PBx) - FG3 \cos\theta_3 (PHy - PBy) = Wpl (cg2x - PBx)$$

Ecuación # 12

1.4.5. Análisis del Aguilón

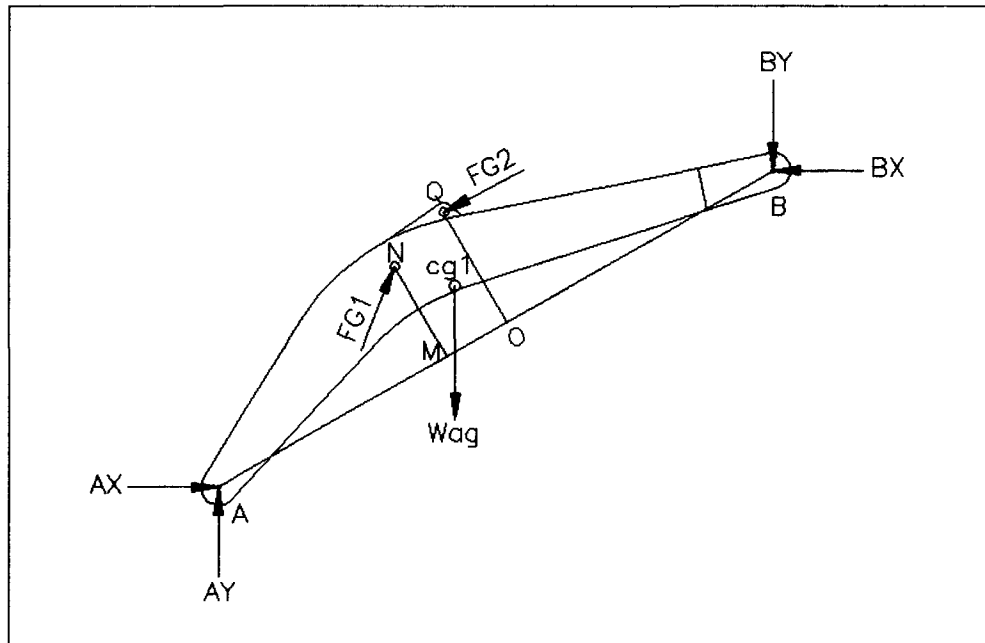


Figura 12. Fuerzas en el aguilon.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$A_x - B_x + FG2 \cos\theta_2 + FG1 \cos\theta_1 = 0$$

$$A_x - B_x + FG1 \cos\theta_1 + FG2 \cos\theta_2 = 0$$

$$\theta_1 = \text{Angulo } (P_j \rightarrow P_n)$$

$$\theta_2 = \text{Angulo } (P_s \rightarrow P_q)$$

Ecuación # 13

$$\Sigma F_y = 0$$

$$A_y - B_y$$

$$+ FG2 \sen\theta_2 + FG1 \sen\theta_1 - W_{ag} = 0$$

$$A_y - B_y + FG1 \sen\theta_1 + FG2 \sen\theta_2 = W_{ag}$$

$$\theta_1 = \text{Angulo } (P_j \rightarrow P_n)$$

$$\theta_2 = \text{Angulo } (P_s \rightarrow P_q)$$

Ecuación # 14

$$\Sigma MB = 0$$

$$FG1 \text{ sen}\theta_1 (PNx - PAx) - FG1 \text{ cos}\theta_1 (PNy - PAy) + FG2 \text{ sen}\theta_2 (PQx - PAx) - FG2 \text{ cos}\theta_2 (PQy - PAy) - Wag (cg1x - PAx) - By (PBx - PAx) + Bx (PBy - PAy) = 0$$

$$Bx (PBy - PAy) - By (PBx - PAx) + FG1 \text{ sen}\theta_1 (PNx - PAx) - FG1 \text{ cos}\theta_1 (PNy - PAy) + FG2 \text{ sen}\theta_2 (PQx - PAx) - FG2 \text{ cos}\theta_2 (PQy - PAy) = Wag (cg1x - PAx)$$

Ecuación # 15

1.4.6. Análisis General

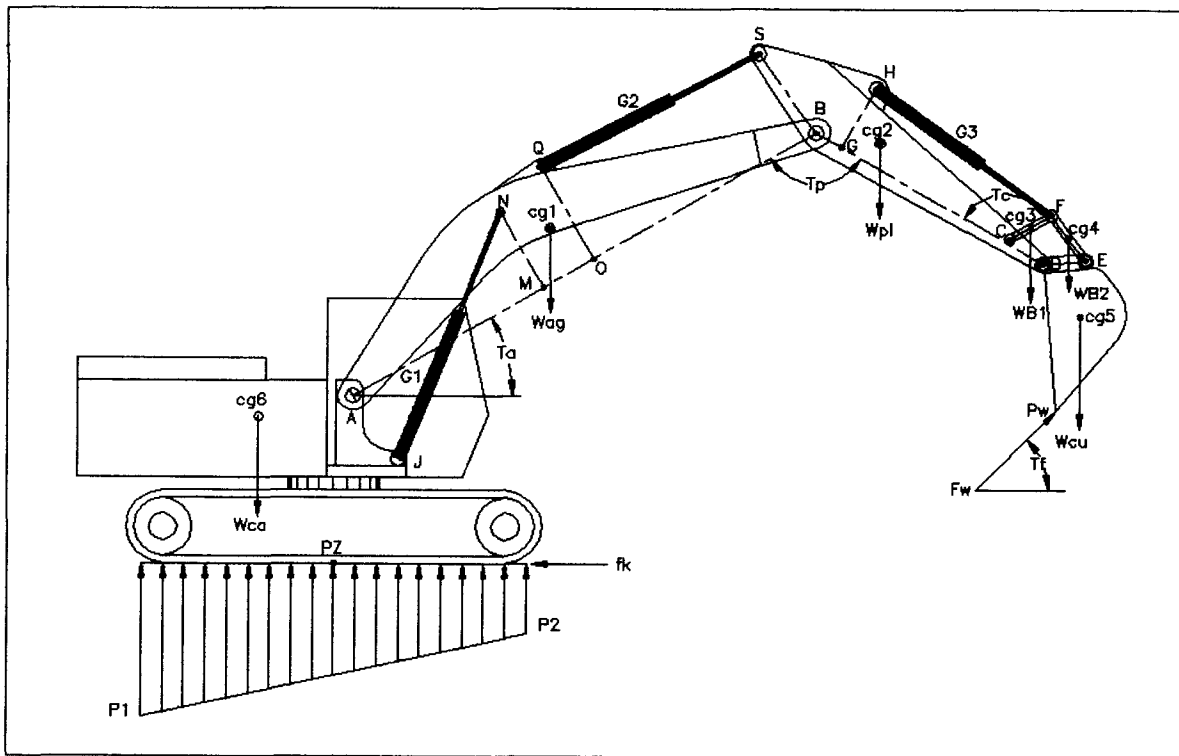


Figura 13. Analisis general de fuerzas en la retroexcavadora.

$$\Sigma Fx = 0$$

$$fk + Fw \text{ cos}\theta = 0$$

$$fk = -Fw \text{ cos}\theta$$

Ecuación # 16

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-W_{ag} - W_{pl} - W_{B1} - W_{B2} - W_{cu} + F_w \sin\theta + (((P1 + P2)/2) * l * h^2) = 0$$

$$-W_{ag} - W_{pl} - W_{B1} - W_{B2} - W_{cu} - W_{ca} + F_w \sin\theta + (((P1 + P2) * l * h) = 0$$

Ecuación # 17

$$\Sigma M_Z = 0$$

$$-W_{ag} (cg1x - PZx) - W_{pl} (cg2x - PZx) - W_{B1}(cg3x - PZx) - W_{B2} (cg4x - PZx) \\ - W_{cu} (cg5x - PZx) - W_{ca} (cg6x - PZx) + F_w \sin\theta (Pwx - PZx) - F_w \cos\theta (Pwy - Pzy) + ((m * h^3) / 6) = 0$$

Ecuación #18

L = Longitud Orugas

P1 = funcion (- L / 2)

P2 = funcion (L / 2)

P = mx + b

P1 = m (-L / 2) + b

$$P2 = m (L / 2) + b$$

$$P1 + P2 = m (-L / 2) + b + m (L / 2) + b$$

$$P1 + P2 = 2b$$

$$b = (P1 + P2) / 2$$

$$P2 - P1 = m (L / 2) + b + m (L / 2) - b$$

$$P2 - P1 = 2m (L / 2) = mL$$

$$P2 - P1 = mL$$

$$m = (P2 - P1) / L$$

$$dF = dx P(x) h^2 j$$

$$r = x i$$

$$P(x) = [(P2 - P1) / L] x + [(P1 + P2) / 2]$$

$$P(x) = [(P2 - P1) x / L] + [(P1 + P2) / 2]$$

$$dM = r \times dF = \begin{vmatrix} i & j & k \\ x & 0 & 0 \\ 0 & 2hP(x)dx & 0 \end{vmatrix} = k (2h P(x) x dx)$$

$$M = k \int_0^L 2h P(x) x dx = 2hk \int_0^L (mx + b) x dx = 2hk \left(\frac{mx^3}{3} + \frac{bx^2}{2} \right) =$$

$$M = 2h \left[\frac{m}{3} \left(\frac{L}{2} \right)^3 + \frac{b}{2} \left(\frac{L}{2} \right)^2 - \frac{m}{3} \left(-\frac{L}{2} \right)^3 - \frac{b}{2} \left(-\frac{L}{2} \right)^2 \right] k$$

$$M = 2h \left(2 \cdot \frac{m}{3} \cdot \frac{L^3}{8} \right)$$

$$M = \frac{m \cdot h \cdot L^3}{6}$$

M = Momento que genera la distribución de la reacción del suelo con respecto al punto Pz.

h = Espesor de las orugas.

$$M = \frac{m \cdot h \cdot L^3}{6} \quad \text{funcion (P1 , P2)}$$

$$M = \left(\frac{P2 - P1}{L} \right) \left(\frac{h \cdot L^3}{6} \right)$$

$$M + R2 = 0 \quad \Rightarrow \quad \sum Mz = 0$$

$$\left(\frac{P2 - P1}{L} \right) \left(\frac{h \cdot L^3}{6} \right) + R2 = 0$$

$$(P2 - P1) \left(\frac{h \cdot L^3}{6} \right) + 6 \cdot L \cdot R2 = 0$$

$$(P2 - P1) = \frac{-6 \cdot L \cdot R2}{(h \cdot L^3)} = \frac{-6 \cdot R2}{(h \cdot L^2)}$$

$$(-P1 + P2) = \frac{-6 \cdot R2}{(h \cdot L^2)} \quad \text{Ecuación A}$$

$$R1 + 2 \cdot h \left(\frac{P1 + P2}{2} \right) / L = 0$$

$$R1 + h \cdot L (P1 + P2) = 0$$

$$P1 + P2 = -R1 / (h \cdot L) \quad \text{Ecuación B}$$

Redefiniendo R1 y R2

$$R1 = -R1 / (h \cdot L)$$

$$R2 = \frac{-6 \cdot R2}{(h \cdot L^2)}$$

$$-P1 + P2 = R2)$$

$$P1 + P2 = R1$$

Ecuación C

Ecuación D

SUMANDO C + D

$$P2 = R1 + R2 / 2$$

$$P1 = R1 - R2 / 2$$

1.5. SOLUCION DE SISTEMA DE ECUACIONES.

Al realizar el análisis estático de la retroexcavadora se genera un sistema de 15 ecuaciones con 15 incógnitas, más los términos independientes, el cual se resuelve por medio de la siguiente matriz.

0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	3	3
0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	3
0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	1	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	3	3	0
0	0	0	1	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	3	3	3
0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3	3	3
1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0
0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	3
0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	3

El numero 1 representa todos los coeficientes numéricos conocidos que posee la matriz.

El numero 3 representa los coeficientes numéricos que varían cada vez que la máquina cambia de posición.

La ultima columna representa los términos independientes.

Después de obtener las incógnitas de la matriz se procede a realizar un análisis general o de fuerzas de sustentación de la máquina a partir de 3 ecuaciones de solución simultánea.

La solución del sistema de 15×15 se realiza empleando una herramienta de programación, que es una pequeña rutina elaborada en lenguaje C que se explicara en el capítulo dos.

1.6. ANALISIS DE LA FUERZA DE EXCAVACION EN EL CUCHARON

La dirección de la fuerza de excavación será tangencial a la curva que describe el movimiento del cucharón, o del brazo al excavar, por lo tanto existirán dos formas de realizar la labor de excavar.

1.6.1. Excavación con el Cucharón Se efectúa cuando el cilindro del cucharón (G3) es el que está realizando la fuerza de excavación.

La dirección de la fuerza de excavación será perpendicular al radio, o tangencial a la curva descrita, haciendo centro en el punto D y donde el radio será la distancia entre el punto D y el punto Pw.

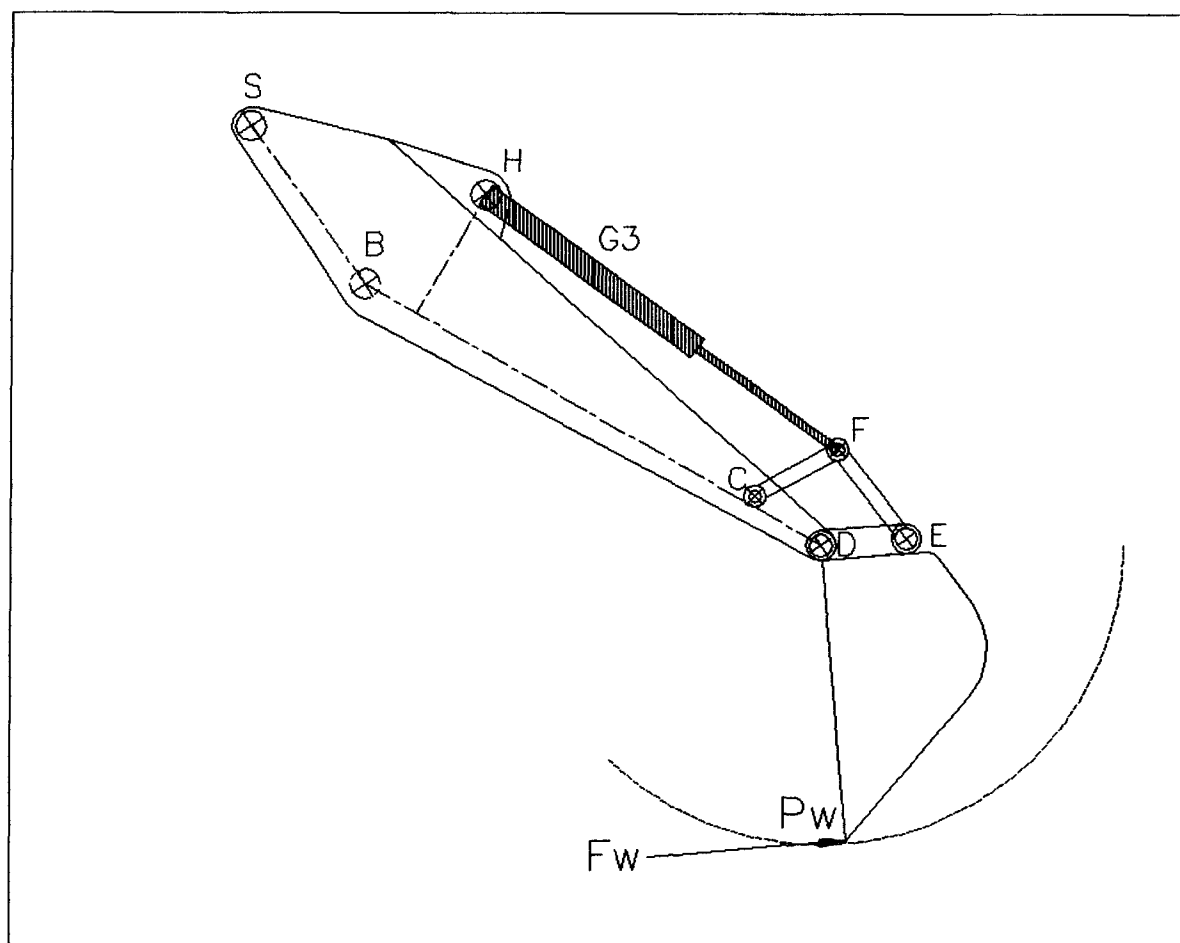


Figura 14. Excavación con el cucharón.

1.6.2. Excavación con la Pluma La otra forma de excavación se realiza cuando el cilindro de la pluma (G2) efectúa el trabajo, en este caso el centro de giro sería el punto B, y el cucharón se consideraría rígido junto al brazo de excavación. La dirección de la fuerza de excavación es tangencial a la curva descrita y el radio será la distancia entre el punto B y el punto Pw.

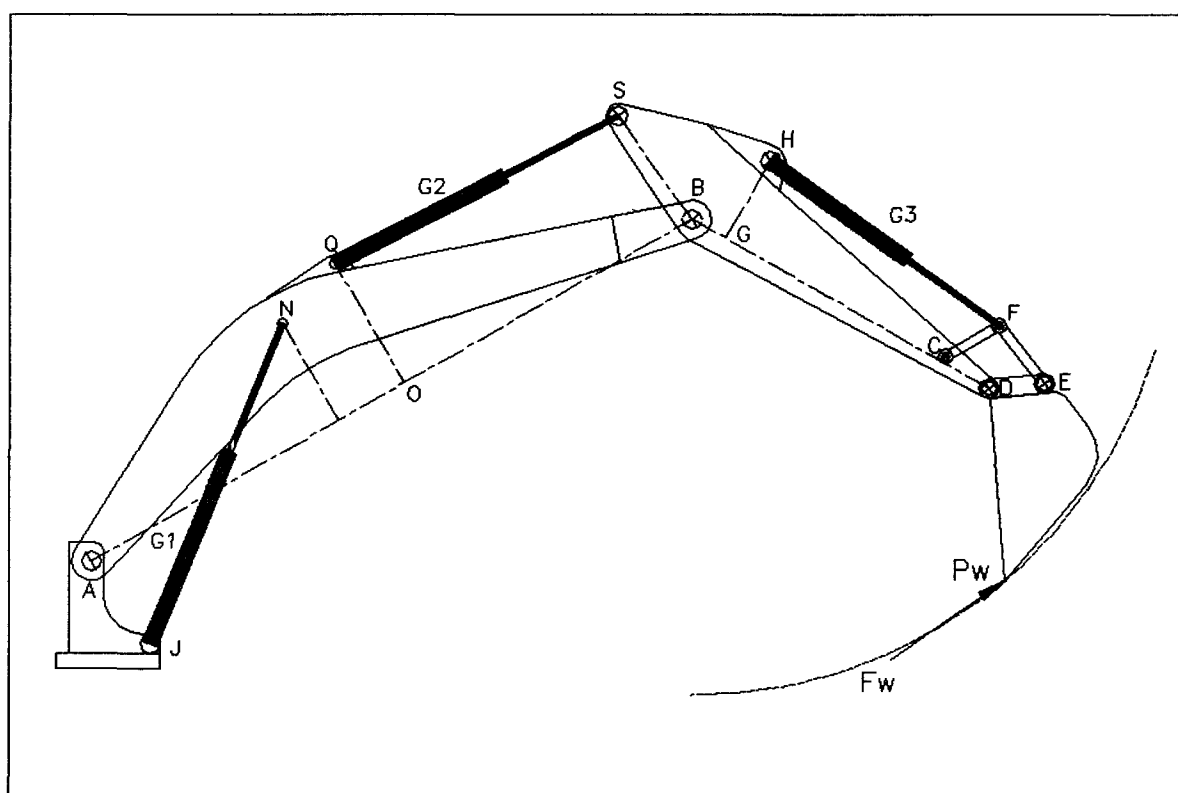


Figura 15. Excavacion con la pluma.

2 . SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA

Se obtendrá inicialmente una solución teórica (ALGORITMO) de nuestro problema, y después esta solución teórica será convertida en un lenguaje de programación, llamado LISP el cual controla y aprovecha las ventajas gráficas del AUTOCAD y la potencia para solucionar problemas numéricos que posee el lenguaje C , finalmente cuando integramos estas tres herramientas obtenemos una solución numérica y visual del funcionamiento y calculo de fuerzas en la RETROEXCAVADORA.

2.1. HERRAMIENTAS EMPLEADAS.

Las herramientas que se emplearon son básicamente un programa C.A.D. de diseño y dibujo asistido por computador AUTOCAD VERSION 12, el lenguaje de programación AUTOLISP que viene incluido en el AUTOCAD y LENGUAJE C.

A continuación se describirán brevemente cada uno de ellos:

2.1.1. C.A.D. Diseño Asistido por Computador. Es uno de los programas de diseño y dibujo asistido por computador mas populares que existen en este momento en el mundo, este programa permite hacer dibujos de cualquier clase, maneja sistemas de coordenadas ya sean fijos o móviles, lo cual lo hace muy adecuado para visualizar los problemas a ser resueltos, se aprovecho la gran capacidad gráfica del AUTOCAD para lograr visualizar en forma más real la solución del problema.

2.1.2. Lenguaje de Programación Autolisp. Es un lenguaje de programación que basa su funcionamiento en el manejo de listas.

Al emplear programas en LISP para AUTOCAD obtenemos las siguientes ventajas:

- Facilidad para manejar objetos heterogéneos: números, caracteres, funciones, entidades de dibujo, etc. Que son los elementos conque trabaja el AUTOCAD.
- Facilidad para la interacción en un proceso de dibujo.
- Facilidad para controlar todas las funciones propias de AUTOCAD.

- Sencillez de aprendizaje y comprensión.

- Facilidad para acceder las bases de datos que el AUTOCAD crea durante su funcionamiento.

- Sencillez de sintaxis, por lo que un interprete de LISP es fácil de implementar y resulta convenientemente pequeño.

2.1.3. Lenguaje de Programación C. El C es normalmente llamado un lenguaje de medio nivel, esto no quiere decir que C sea menos poderoso o menos desarrollado que un lenguaje de alto nivel como el BASIC, PASCAL o el LISP, si no que es similar o presenta la problemática asociada con el lenguaje de máquina (ASSEMBLER).

Esto implica que al ser C un lenguaje de nivel medio combina las ventajas de los lenguajes de alto nivel con la funcionalidad del lenguaje de máquina.

Emplearemos un programa en C (**SOLSYS**) que resuelve a gran velocidad un sistema de $n \times n$ ecuaciones, las cuales se generan al realizar el análisis estático del problema.

2.1.4. Interacción entre C, Autolisp y Autocad. Las funciones que se elaboran en C tienen que ser controladas desde AUTOLISP.

A pesar de que las funciones se desarrollen en C, estas aparecen como si estuvieran hechas en LISP. Se debe tener en cuenta que una aplicación hecha en C para AUTOCAD (ADS-Sistema de desarrollo del AUTOCAD) no puede existir como un ente solo, sino como un conjunto de funciones externas que son cargadas y llamadas por el interpretador de AUTOLISP.

Aunque una aplicación en ADS es equivalente en su parte funcional a una aplicación hecha en LISP, la escogencia de una u otra depende del problema en si.

Las aplicaciones en ADS tienden a ser más eficientes en términos de velocidad y uso de memoria. Una aplicación en ADS puede acceder directamente algunas facilidades que el AUTOLISP no puede, tales como el sistema operativo del computador, pero por el contrario su manejo y sintaxis son más complejos y difíciles de mantener que las rutinas hechas en LISP.

AUTOLISP es una mejor herramienta cuando la velocidad y el uso de la memoria no son lo más importante.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL MANEJO DE LAS BASES DE DATOS.

Emplearemos dos programas para el análisis de la retroexcavadora que son:

-Programa que dibuja y simula el movimiento de la maquina en LISP(MAQUINA.LSP).

-Programa que ubica y calcula las fuerzas durante el funcionamiento de la maquina en LISP (FUERZAS.LSP).

2.2.1. Bases de Datos para MAQUINA.LSP. La manipulacion de datos en MAQUINA.LSP se limita al uso de variables globales.

Para que MAQUINA.LSP. pueda trabajar necesita de unos datos iniciales que se encuentran en archivos *.DAT, los valores que aparecen en este archivo son asignados a variables globales las cuales se pueden emplear en cualquier funcion del programa.

Entre las variables globales empleadas en MAQUINA.LSP tenemos las siguientes:

-Pa = (2.5 12.8 0) = Coordenadas del punto A.

-Ta = 30.0 = Ángulo inicial del Aguilón.

-la = 70.5 = Longitud del eje Aguilón.

-lb1 = 6.3417 = Longitud del eje barra 1.

-xt = 29.4182 = Distancia entre B y T en X.

-WB1 = 50.0 = Peso barra 1.

2.2.2. Bases de Datos para FUERZA.LSP. En el programa FUERZAS.LSP se simula una matriz empleando una lista de listas de la siguiente forma:

```
(
  (01 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 1) (8 0) (9 1) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
  (02 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 1) (9 0) (10 1) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
  (03 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 3) (10 3) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
  (04 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 -1) (10 0) (11 1) (12 0) (13 0) (14 0) (15 3) (16 0))
  (05 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 -1) (11 0) (12 1) (13 0) (14 0) (15 3) (16 3))
  (06 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 3) (10 3) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
  (07 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 1) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 -1) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 0))
  (08 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 1) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 -1) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
  (09 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 3) (6 3) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
  (10 (1 0) (2 0) (3 1) (4 0) (5 -1) (6 0) (7 -1) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 3) (15 3) (16 0))
  (11 (1 0) (2 0) (3 0) (4 1) (5 0) (6 -1) (7 0) (8 -1) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 3) (15 3) (16 3))
  (12 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 3) (6 3) (7 3) (8 3) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 3) (15 3) (16 3))
  (13 (1 1) (2 0) (3 -1) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 3) (14 3) (15 0) (16 0))
  (14 (1 0) (2 1) (3 0) (4 -1) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 3) (14 3) (15 0) (16 3))
  (15 (1 0) (2 0) (3 3) (4 3) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 3) (14 3) (15 0) (16 3))
)
```

El primer y ultimo paréntesis que aparecen separados representan la lista principal que contiene toda la información de la matriz inicial. Al interior de la lista principal aparecen las listas que simulan las filas, internamente a estas

encontramos unos números sin paréntesis que indican el orden de la fila, después de este numero aparecen los terminos como listas de dos elementos, el primer numero representa el orden de las columnas y el segundo numero los coeficientes de la matriz

Con la lista principal se genera un archivo llamado DATOS.DAT, el cual contiene toda la información de la matriz.

Con la información que contiene DATOS.DAT, se resuelve el sistema de ecuaciones empleando el programa ejecutable MATRIZ.EXE en el cual esta programado **SOLSIS**.

Después de obtener la solución del sistema de ecuaciones se crea el archivo FUERZAS.DAT que contiene los valores de las fuerzas con sus respectivas magnitudes y sentidos, las cuales son utilizadas por FUERZAS.LSP para que sean dibujadas en el modelo de la maquina.

FUERZAS.LSP también emplea variables globales como las siguientes:

T_f = Ángulo de la fuerza aplicada al cucharón.

P_w = Primer punto con el cual se indica el sentido de la fuerza aplicada al cucharón.

Pwf = Punto final de aplicación de la fuerza que se aplica al cucharón.

2.3. ALGORITMO MAQUINA.

PROGRAMA PRINCIPAL

INICIO PROGRAMA PRINCIPAL

AJUSTE DE CONDICIONES DEL AMBIENTE DE TRABAJO (IniciaParametros).

LEER DATOS INICIALES (LeeDatos).

DIBUJAR MAQUINA EN POSICION INICIAL (DibujaMaquina).(FIG. # 16)

CREAR CONJUNTOS DE ENTIDADES (CreaConjuntos).

SIMULACION MOVIMIENTO DEL MODELO Y CALCULO DE FUERZAS
(FUNCION Maneje)

FIN PROGRAMA PRINCIPAL

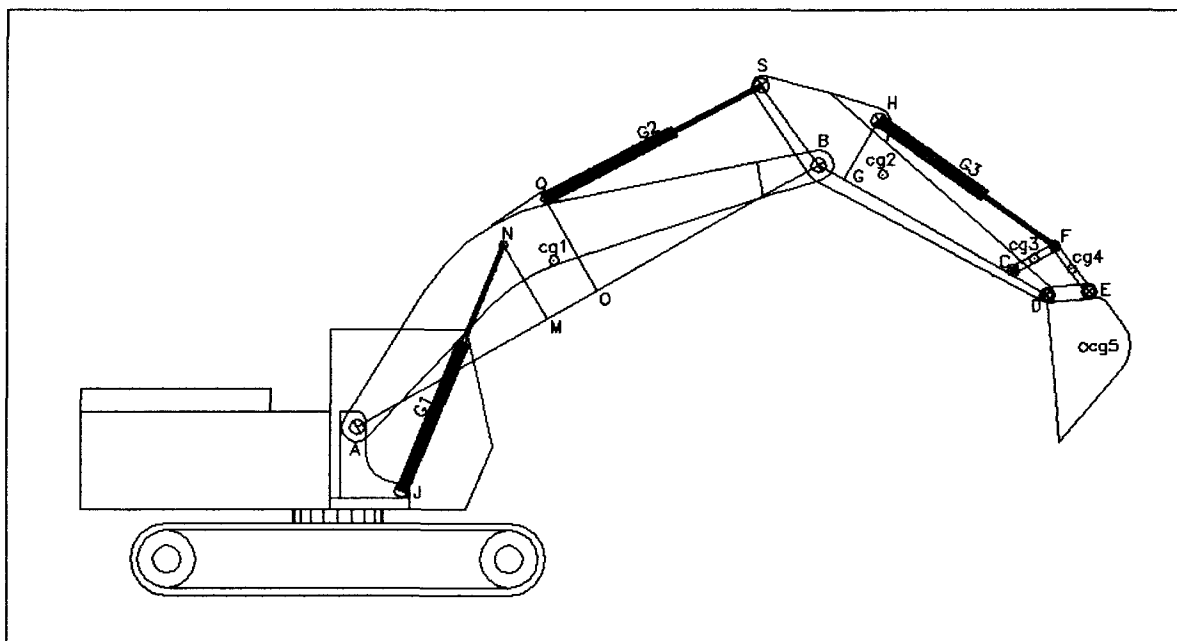


Figura 16. Modelo general de la retroexcavadora.

2.3.1. Ajuste de condiciones del ambiente de trabajo (Función IniciaParametros).

Deshabilitamos las coordenadas de la pantalla para que estas no interfieran en el momento del calculo de fuerzas.

Deshabilitamos las variables "CMDECHO" y " HIGHLIGHT" del autocad para eliminar las marcas que se generan en la pantalla cuando se selecciona cualquier entidad.

2.3.2. Leer Datos Iniciales (Función LeeDatos). En esta función se leen los datos iniciales que se encuentran en un archivo *.DAT, los cuales son asignados a todas las variables globales del programa.

```
INICIO LeeDatos
  ABRIR ARCHIVO DE LECTURA
  LEER LINEAS DEL ARCHIVO *.DAT
  ASIGNAR VALORES A LAS VARIABLES GLOBALES (FUNCION Dato).
FIN LeeDatos
```

2.3.3.Función Dato .Esta función entra con un parámetro (**dto**) y se encarga de leer todos los caracteres del archivo *.DAT y suprimir los textos que en este aparecen y solo toma los datos de tipo numérico.

INICIO Dato
 MIENTRAS (CARACTER LEIDO \neq " : ")
 LEA SIGUIENTE CARACTER
 FIN DEL MIENTRAS
 LEA RESTO DE LA LINEA (DATO)
 SI (DATO EXISTE)
 ENTONCES CONVIERTO (DATO)
 SI NO: GENERO ERROR
 FIN DEL SI
 FIN Dato

2.3.4. Dibujar Maquina en Posición inicial (Función DibujaMaquina). Esta función dibuja las orugas, la cabina, el aguilón, la pluma, el cucharón, las barras, los gatos y los ejes principales de la maquina.

INICIO DibujaMaquina
 CALCULAMOS LOS PUNTOS Y ANGULOS DEL MODELO (FIG. # 17)

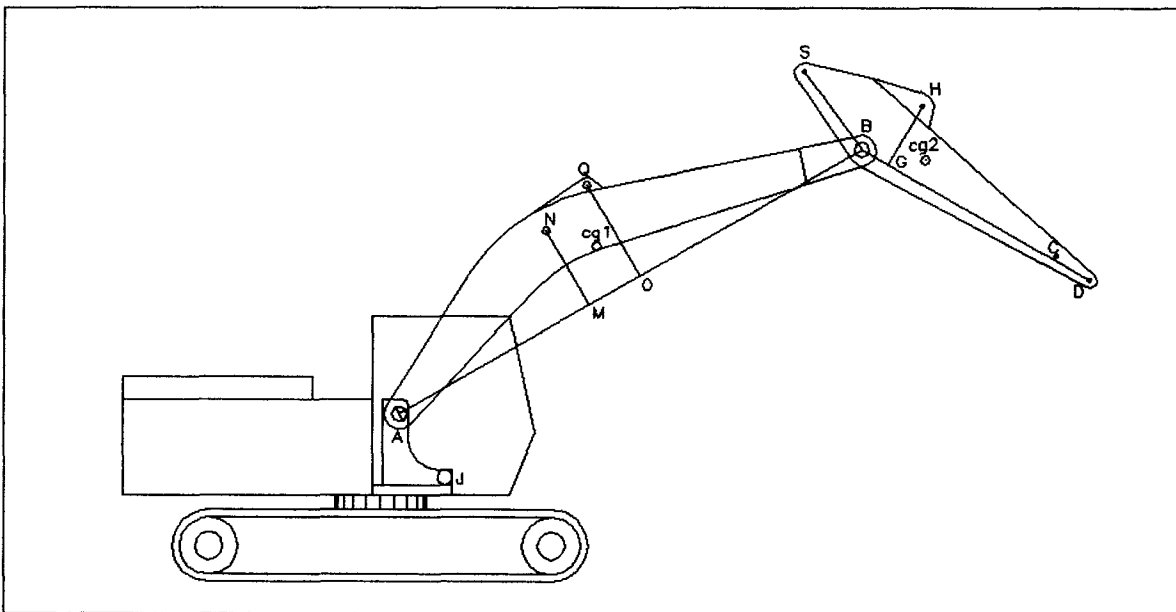


Figura 17. Modelo retroexcavadora inicial.

EXCEPTO LOS PUNTOS DEL MECANISMO DE CUATRO BARRAS.
DIBUJAMOS BASE DE LA MAQUINA (CUERPO Y ORUGAS).

SI EL DIBUJO ES ESQUEMATICO

ENTONCES: SE MUESTRAN EJES DE LA MAQUINA

SINO: SE OCULTAN EJES (APAGAR LAYER "EJES")

FIN DEL SI.

DIBUJO EJES.

SI EL DIBUJO NO ES ESQUEMATICO

ENTONCES: DIBUJA MAQUINA EN REALIDAD

SINO: QUEDA SOLO EL ESQUEMA DE LA MAQUINA EJES

FIN DEL SI.

DIBUJA GATOS 1 Y 2 (FIG. # 18)

CALCULAMOS Y DIBUJAMOS MECANISMO DE CUATRO BARRAS
(FUNCION **CalculaCuatroBarras**).

FIN DIBUJA MAQUINA.

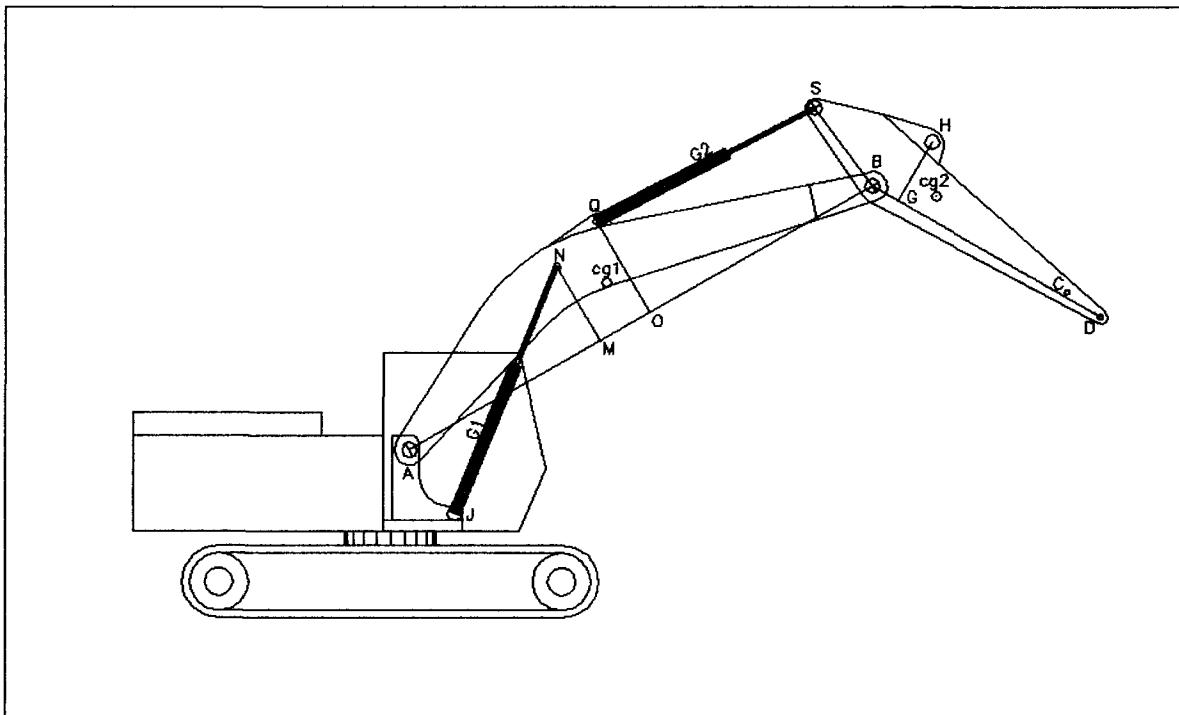


Figura 18. Modelo retroexcavadora inicial con cilindros hidráulicos.

2.3.5. Función CalculaCuatroBarras. Esta funcion entra con un parametro **(Dibuja)** que decide si se hace el calculo y se dibuja la maquina **(T)** o solamente se hace el calculo **(NIL)** .

INICIO CalculoCuatroBarras

CALCULAMOS PF Y PFV, POSICIONES NUEVA Y ANTERIOR DEL PUNTO PF.

CALCULAMOS PUNTO E (FIG. # 6)

SI SE DEBE DIBUJAR

ENTONCES: DIBUJO Y ASIGNO EJES

SI EL DIBUJO ES ESQUEMATICO

ENTONCES: APAGAMOS EJES

FIN DEL SI.

DIBUJO BARRAS

DIBUJO GATO 3 (VER FIG. # 16)

SI EL DIBUJO NO ES ESQUEMATICO

ENTONCES: DIBUJA CUATRO BARRAS EN LA REALIDAD

FIN DEL SI

FIN DEL ENTONCES

FIN DEL SI

FIN CalculoCuatroBarras

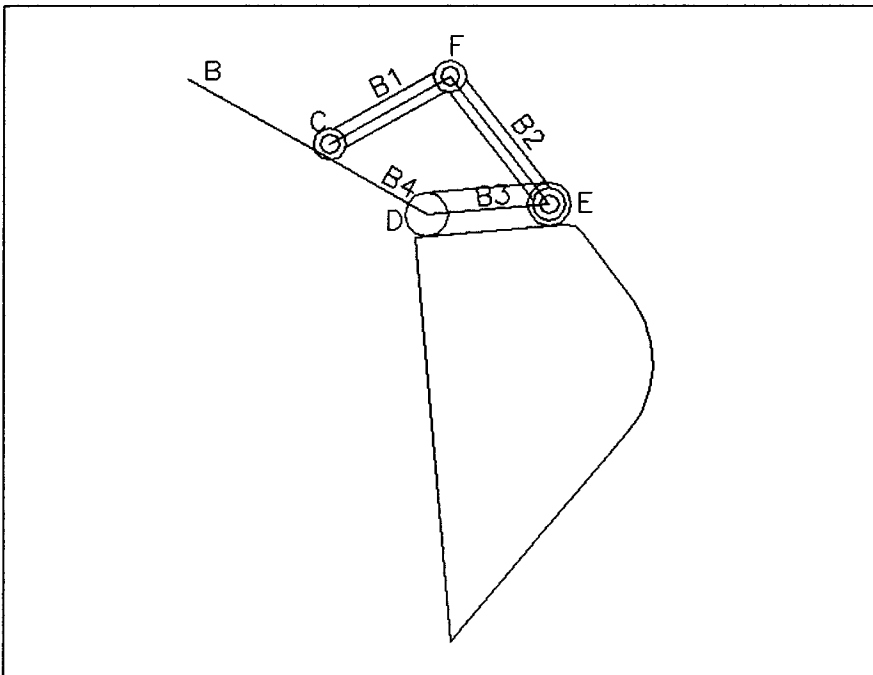


Figura 19. Cuatro barras.

2.3.6. Simulación del Movimiento del Modelo. Simula movimiento de la maquina empleando las teclas alfanumericas o el menu de pantalla y tambien controla el calculo de fuerzas.

2.3.7.Función Maneje. Esta función entra con los parámetros (Siga, tecla, vpv, pent, cent, ori, zw) se encarga de que el movimiento de cada parte de la maquina sea controlado ya sea por una tecla ó por una casilla del menu de pantalla.(C: Maneje)

INICIO Maneje

ASIGNAR A siga UN VALOR (T) VERDADERO

INICIALIZAR zw EN (0)

MIENTRAS siga = (T)

ASIGNAR TECLAS PARA MOVIMIENTO Y CALCULO DE FUERZAS (2.3.10)

ASIGNAR TECLAS PARA MIRAR EL MODELO (2.3.11)

SI TECLA ES (TECLA E ó e) Siga = NIL

FIN DEL MIENTRAS

COMANDO MSLIDE PARA TOMAR FOTOS AL MODELO

FIN Maneje

2.3.8. Asignar Teclas para movimientos y calculo de Fuerzas.

TECLA 7 ALFANUMERICA = CONTROL ROTACION (+) AGUILON.

TECLA 1 ALFANUMERICA = CONTROL ROTACION (-) AGUILON.

TECLA 8 ALFANUMERICA = CONTROL ROTACION (+) PLUMA.

TECLA 2 ALFANUMERICA = CONTROL ROTACION (-) PLUMA.

TECLA 9 ALFANUMERICA = CONTROL ROTACION (+) CUATRO BARRAS.

TECLA 3 ALFANUMERICA = CONTROL ROTACION (-) CUATRO BARRAS.

TECLA 4 ALFANUMERICA = CONTROL ROTACION (+) GIRO MAQUINA.

TECLA 6 ALFANUMERICA = CONTROL ROTACION (-) GIRO MAQUINA.

TECLA F O f = CONTROLA CALCULO DE FUERZAS (FUNCION AdmOpcionFzas).

TECLA O O o = FINALIZAR EL CALCULO DE FUERZAS.

TECLA E O e = FINALIZAR MANEJO MAQUINA.

TECLA D O d = SALIR A IMPRIMIR.

2.3.9. Asignar Teclas para mirar el modelo.

TECLA W O w = CONTROLA VENTANA O ZOOM WINDOW.

TECLA P O p = CONTROLA VENTANA O ZOOM WINDOW.

TECLA V O v = CONTROLA PUNTO DE VISTA O VPOINT.

TECLA I O i = CONTROLA PUNTO DE VISTA INICIAL O VPOINT INICIAL.

2.3.10. Función AdmOpcionFzas. Esta función controla el cálculo de fuerzas y representación gráfica de estas en la pantalla.

También permite regresar al pantallazo previo al cálculo de fuerzas.

INICIO AdmOpcionFzas

 ALMACENAR EN (vpv) PUNTO DE VISTA PREVIO AL CALCULO DE FUERZAS

 CAMBIAR PUNTO DE VISTA A (0, -1, 0)

 UBICAR TEXTO " ESQUEMA DE FUERZAS "

 ASIGNAR A (pent) ULTIMA ENTIDAD DIBUJADA (TEXTO)

 IR A MODULO DE CALCULO Y DIBUJO DE FUERZAS

 ENTRAR A CICLO DE CONTROL DE SALIDA DEL MODULO DE CALCULO Y DIBUJO DE FUERZAS MIENTRAS NO SE PULSE O u o

 CREAR CONJUNTO DE ENTIDADES GENERADAS EN CALC. DE FZAS(Cent)

 BORRAR CONJUNTO DE ENTIDADES (Cent)

 RETORNAR AL PUNTO DE VISTA PREVIO AL CALCULO DE FUERZAS

FIN AdmOpcionFzas

2.3.11. Función CalcFuerzas. Esta función controla el programa de calculo de fuerzas que se explicara al final de este capitulo.

INICIO CalcFuerzas

 CALCULAR COEFICIENTES DEL SISTEMA DE ECUACIONES

 ESCRIBIR DATOS DE LA MATRIZ

 RESOLVER SISTEMA DE ECUACIONES (Solsis)

 LEER FUERZAS OBTENIDAS CON (Solsis)

 CALCULAR FUERZAS DE SUSTENTACION

 DIBUJAR TODAS LAS FUERZAS

FIN CalcFuerzas

2.3.12. Función RotarA. Esta función entra con un parámetro (**DTa**) que se encarga de aumentar o disminuir el ángulo de giro del aguilón. Empleando las teclas 7 y 1 del teclado alfanumérico.

```

INICIO Rotar A
  ACTUALIZAR Ta (ANGULO AGUILON).
  SI EL MODELO ES REAL
    ENTONCES ROTAR CONJUNTO AGUILON NO ESQUEMATICO CAne
    SINO: ROTAR CONJUNTO AGUILON ESQUEMATICO CAe
  FIN DEL SI
  CALCULAR POSICIONES NUEVAS Y VIEJAS DE LOS EJES DEL MODELO
  USANDO LAFUNCION ActualicePuntos.
  ROTAR GATO 1 A SU NUEVA POSICION
  ESCALAR GATO 1 EN SU NUEVA POSICION
FIN RotarA

```

2.3.13. Función CreaConjuntos. Esta función crea conjuntos de entidades que pueden ser esquemáticos o reales como:

- CAne : Conjunto Aguilón no esquemático ó real.
- CPne : Conjunto Pluma no esquemático ó real.
- CAe : Conjunto Aguilón esquemático.
- CPe : Conjunto Pluma esquemático.

```

INICIO CreaConjuntos
  SI EL MODELO ES REAL

```


ENTONCES: Cane ES IGUAL A TODAS LAS ENTIDADES DEL AGUILON Y
 Cpne ES IGUAL A TODAS LAS ENTIDADES DE LA PLUMA..
 SINO: CAe ES IGUAL A TODAS LOS EJES DEL AGUILON Y Cpe ES IGUAL
 A TODOS LOS EJES DE LA PLUMA(FUNCION Selset).

FIN SI

FIN CreaConjuntos

2.3.14 . Función Selset. Esta función entra con dos parámetros l y c, permite seleccionar solo las entidades que se requieren para crear CAnE, CPne, CAe y Cpe.

INICIO Selset

INICIAR CONJUNTO VACIO

ADICIONAR ENTIDADES AL CONJUNTO VACIO TOMADAS DE LA LISTA l

FIN Selset

2.3.15 Función ActualizePuntos. Calcula las posiciones nuevas de los ejes de la maquina después de cada movimiento del modelo haciendo uso de la función Extremo.

INICIO ActualizePuntos

CALCULAR PUNTOS DESPUES DE ROTAR (FUNCION Extremo)

CALCULAR PUNTOS DESPUES DE ROTAR (FUNCION Caract)

FIN ActualizePuntos

2.3.16. FUNCION Extremo. Esta funcion transforma las coordenadas localizadas de cada entidad del modelo en las coordenadas propias del AUTOCAD.

INICIO Extremo

HALLO PUNTO: Algun extremo (**COD**) de algun eje de la maquina haciendo uso de la funcion (**Caract**) .

HALLO vu : VECTOR DEL UCS ACTUAL CON RESPECTO AL WORLD.

TRANSFORMO PUNTO DEL SISTEMA DE COORDENADAS WORLD A UN PUNTO DEL SISTEMA DE COORDENADAS PPAL (FIG. # 20).

FIN Extremo

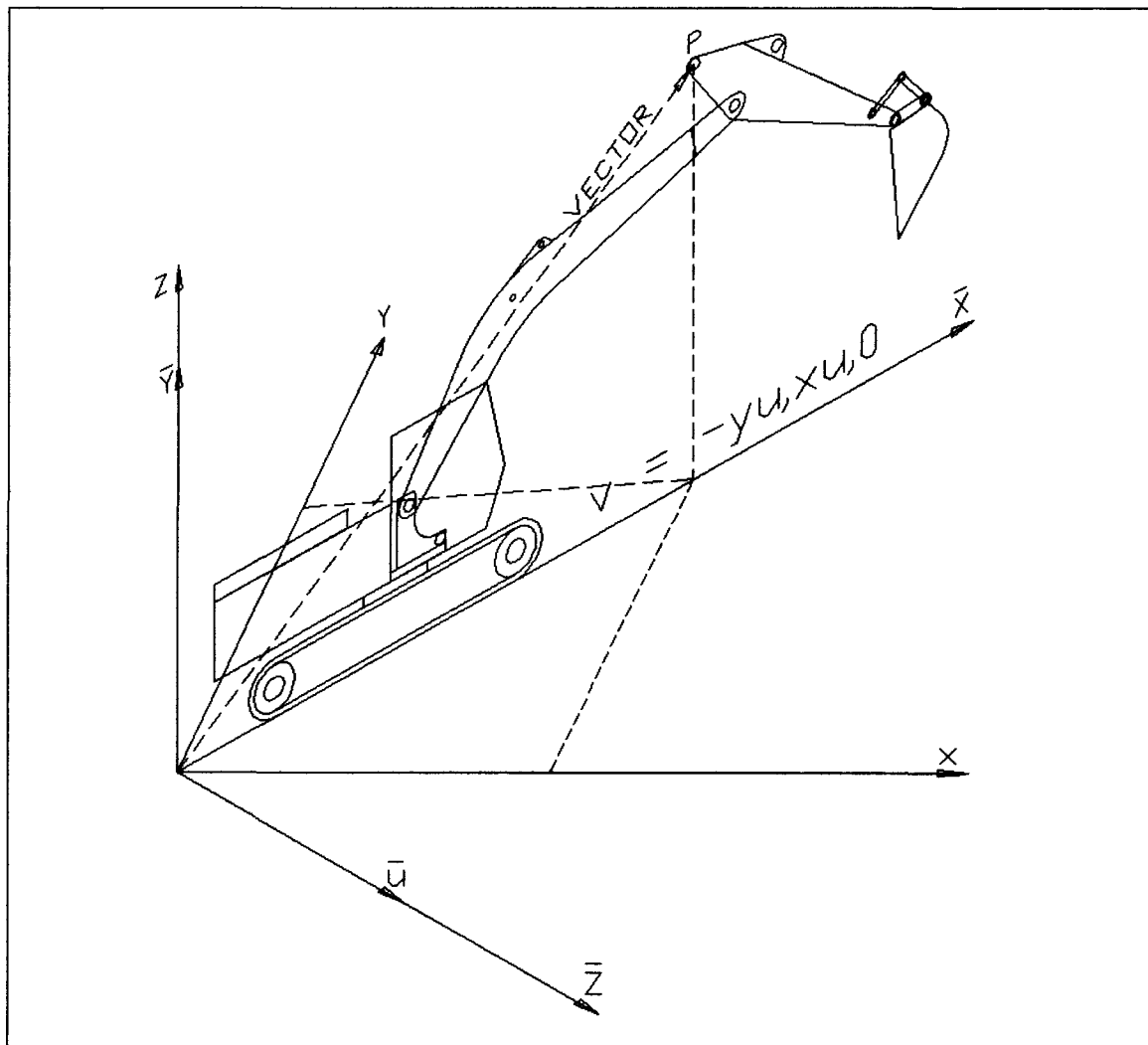


Figura 20. Transformacion de coordenadas de la retroexcavadora.

2.3.17. Función Caract. Esta función entra con 2 parametros cod, ent y permite hallar la característica identificada por (COD) de la entidad, identificada por (ENT) en la base de datos del AUTOCAD.

```

INICIO Caract
  HALLAR CARACTERISTICA ENTIDAD
  IDENTIFICAR ENTIDAD EN BASE DE DATOS
FIN Caract

```

2.3.18. RotarB .Esta función entra con un parámetro (**Dtp**) que se encarga de aumentar o disminuir el ángulo de giro de la pluma. Empleando las teclas 8 y 2 del teclado alfanumérico.

```

INICIO RotarB
  ACTUALIZAR Tp (ANGULO PLUMA)
  SI EL MODELO ES REAL
    ENTONCES:ROTAR CONJUNTO PLUMA NO ESQUEMATICO CPne
    SINO:ROTAR CONJUNTO PLUMA ESQUEMATICO CPe
  FIN DEL SI.
  CALCULAR POSICIONES NUEVAS Y VIEJAS DE LOS EJES DEL
MODELO
  USANDO LA FUNCION ActualizePuntos COMO EN ROTAR A.
  ROTAR GATO 2 A SU NUEVA POSICION
  ESCALAR GATO 2 EN SU NUEVA POSICION
FIN RotarB

```

2.3.19. RotarC. Esta funcion entra con un parametro (**Dtc**) que se encarga de aumentar o disminuir el angulo de giro de la BARRA 1 llamado Tc.

Empleando las teclas 9 y 3 del teclado alfanumerico.

```

INICIO RotarC
  CALCULAMOS CUATRO BARRAS PERO NO DIBUJAMOS.
  SI EL CALCULO SE REALIZA (OK T)
    ENTONCES:
      ROTAMOS EJES Y GATOS PERTENECIENTES A LA PLUMA Y CUCHARA.
      SI EL MODELO ES REAL
        ENTONCES: ROTAR EL MECANISMO DE 4 BARRAS EN LA REALIDAD
        SINO: SE VE EL MOVIMIENTO DE LOS EJES DE LAS 4 BARRAS
      FIN DEL SI
    FIN DEL ENTONCES
  FIN DEL SI
FIN RotarC

```

2.3.20. ROTAR . Esta funcion entra con un parametro (**Dtr**) que se encarga de aumentar o disminuir el angulo de giro sobre su propio eje.

Empleando las teclas 7 y 1 del teclado alfanumerico.

```

INICIO Rotar
  GIRAMOS EL "UCS" RESPECTO AL EJE "X" -90 GRADOS.
  ROTAMOS TODA LA MAQUINA A EXCEPCION DE LA ORUGAS Y LA CABINA.
  ROTAMOS EL "UCS" RESPECTO AL EJE "Z" (DTr) GRADOS.
  ROTAMOS EL "UCS" RESPECTO AL EJE "X" 90 GRADOS.
FIN Rotar

```

2.4. ALGORITMO FUERZAS.

PROGRAMA PRINCIPAL

INICIO PROGRAMA PRINCIPAL

CALCULAR COEFICIENTES DEL SISTEMA DE ECUACIONES (FUNCION

CalcMatriz)

ESCRIBIR DATOS DE LA MATRIZ (FUNCION EscMat)

RESOLVER SISTEMA DE ECUACIONES (FUNCION Solsis)

LEER FUERZAS OBTENIDAS CON Solsis (FUNCION LeeFuerzas)

CALCULAR FUERZAS DE SUSTENTACION (CalcFzasSust)

DIBUJAR TODAS LAS FUERZAS (FUNCION DibujeFuerzas)

FIN PROGRAMA PRINCIPAL

2.4.1. Calcular Coeficientes del Sistema de Ecuaciones (Función CalcMatriz).

Se calculan los valores de la matriz que contendrá toda la información del sistema de ecuaciones que se genera a partir del análisis estático del modelo.

INICIO CalcMatriz

LOCALIZAR FUERZA PARA CARGAR EL SISTEMA (FUNCION LeeDibFzaExc)

CREAR MATRIZ INICIAL (FUNCION InicieMatriz)

CALCULAR Y REEMPLAZAR COEFICIENTES VARIABLES EN LA MATRIZ

INICIAL (FUNCION Reemp)

FIN CalcMatriz

2.4.2. Localizar Fuerza para cargar el Sistema (FUNCION LeeDibFzaExc)

El modelo se puede cargar de varias formas:

- Aplicando una fuerza al cucharón.
- Con el peso del material removido.
- Con el peso estructural de la maquina.
- Con los contrapesos que posee la maquina en su parte posterior.

Para simplificar los cálculos se asumió que en el peso de la cabina W_{ca} se encuentran incluidos los contrapesos de la máquina.

En todas las situaciones de carga del modelo, el peso estructural de la máquina siempre esta actuando, esto se logra teniendo en cuenta el peso y centros de gravedad de las diferentes partes que constituyen la estructura de la máquina.

Cuando se aplica una fuerza cualquiera en el cucharón esta puede representar la fuerza de excavación de la cuchara ó el peso del material removido.

La función `LeeDibFzaExc` entra con los parametros `esc`, `Fw`, `Tf`, `Pw` e `Info`. Permite leer y dibujar la fuerza de excavación o peso del material removido en el modelo de la máquina.

`Fw` = Fuerza Aplicada.

`Tf` = Ángulo de la fuerza aplicada al cucharón.

`Pw` = Primer punto con el cual se indica el sentido de la fuerza.

```

INICIO LeeDibFzaExc
    UBICAR FUERZA EN EL MODELO (FUNCION LeeFza)
    ASIGNAR VALORES A Pw, Fw, Tf, Pwf
    DIBUJAR FLECHA DE FUERZA
    CREO LISTA CON Fw, Tf, Pw, QUE ES EL RESULTADO DE LA FUNCION
FIN LeeDibFzaExc
  
```

2.4.3. Función `LeeFza`. Esta función lee del usuario el punto de aplicacion, la magnitud y dirección de la fuerza de excavación o peso del material removido, para cargar el modelo de la máquina.

```

INICIO LeeFza
    ASIGNAR PUNTO DE APLICACION DE LA FUERZA A pin
    CICLO
        ESPERA PUNTO FINAL O ESPERA ENTRADA NUMERICA POR TECLADO
    FIN CICLO
    SI SE PULSA ENTRADA NUMERICA POR TECLADO
        ENTONCES: CONVIERTE DATO (FUNCION ConvDato)
    FIN SI
FIN LeeFza
  
```

2.4.4 .FunciónConvDato. Esta función convierte un texto que contiene dos datos numéricos que representan la magnitud y el ángulo de la fuerza.

INICIO ConvDato

HALLAR POSICION EN LA CADENA (DATO) DEL SIMBOLO "<"

LEER MAGNITUD, CADENA ANTES DE "<"

LEER ANGULO COMO LA CADENA, DESPUES DE "<"

ENTREGA UNA LISTA CON MAGNITUD Y ANGULO DE LA FUERZA

FIN ConvDato

2.4.5.Crear Matriz Inicial (Función InicieMatriz). Con los coeficientes constantes, obtenidos en el análisis estático de la máquina se genera una matriz inicial la cual se modificará al cargar el modelo de la máquina.

2.4.6. Calcular Coeficientes Variables. Se calculan todos los datos que dependen de la forma como se ha cargado el modelo de la máquina. Teniendo en cuenta las ecuaciones del análisis estático de fuerzas CAPITULO 1.

2.4.7. Reemplazar Coeficientes Variables en la Matriz Inicial (Función Reemp) . Esta función entra con los parámetros valor, fila (fi) y columna (co) y permite reemplazar los coeficientes variables calculados en la matriz inicial.

INICIO Reemp

UBICAR FILA EN LA MATRIZ

HALLAR ELEMENTO EN LA FILA (COLUMNA)

SUSTITUIR EN FILA NUEVO VALOR

SUSTITUIR LA FILA MODIFICADA EN LA MATRIZ

FIN Reemp

2.4.8 Escribir Datos de la Matriz (Función EscMat). Con toda la información contenida en la matriz se crea un archivo de datos al cual posteriormente se podrá acceder para resolver la matriz (DATOS.DAT).

```

INICIO EscMat
  ABRIR ARCHIVO DE DATOS.DAT PARA ESCRITURA
  IMPRIME "15" EN LA PRIMERA LINEA DEL ARCHIVO
  CICLO
    LEER UNA A UNA LAS FILAS DE LA MATRIZ
    CICLO
      LEER ELEMENTOS UNO A UNO EN EL ARCHIVO
    FIN CICLO
  FIN CICLO
  CERRAR ARCHIVO
FIN EscMat

```

2.4.9. Resolver Matriz Final (Función Solsis). Con la información contenida en el archivo de datos se resuelve la matriz empleando un programa en C , que realiza esta función en forma muy rápida y no entorpece la simulación ó programa de manejo de la máquina.

2.4.10. Leer Fuerzas Obtenidas con Solsis (Función LeeFuerzas)

Esta función nos permite leer el archivo DATOS.DAT y obtener una lista con todas las fuerzas calculadas con Solsis.

```

INICIO LeeFuerzas)
  ABRIR ARCHIVO DE LECTURA FUERZAS.DAT
  LEER LINEA DEL ARCHIVO.DAT Y ASIGNAR A (fza)
  CREAR LISTA VACIA (lf)
  MIENTRAS LINEA LEIDA NO SEA NULA(NIL)
    CONVERTIR DATO A NUMERO Y ADICIONAR EN LISTA (lf)
    LEER LINEA SIGUIENTE DEL ARCHIVO (fza)
  FIN MIENTRAS
  CERRAR ARCHIVO
  ENTREGA COMO RESULTADO LA LISTA CONSTRUIDA (lf)
FIN LeeFuerzas)

```

2.4.11.Calcular Fuerzas de Sustentación (Función CalcFzasSust)

Empleando las tres ecuaciones del análisis general de fuerzas estático, se calculan la fuerza de fricción f_k que se presenta entre las orugas y el piso que soporta la maquina.

Las variables P_1 y P_2 , que son presiones por unidad de area que el piso que soporta la maquina le ejerce como reacción a la superficie de las orugas.

```

INICIO CalcFzasSust)
  CALCULAR  $f_k$ 
  CALCULAR  $R_1$ 
  CALCULAR  $R_2$ 
  CALCULAR  $P_2$ 
  CALCULAR  $P_1$ 
  CREAR LISTA CON  $f_k$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ 
FIN CalcFzasSust

```

2.4.12. Dibujar Todas las Fuerzas (Función DibujeFuerzas). Esta función controla el calculo y dibujo de fuerzas en el modelo de la maquina.

INICIO DibujeFuerzas

DIBUJAR FUERZAS EN LOS PIVOTES (FUNCION DibujeFzaPivote)

DIBUJAR FUERZAS EN LOS GATOS (FUNCION DibujeFzaGato)

DIBUJAR FUERZAS DE SUSTENTACION (FUNCION DibujeFzaSust)

AJUSTAR DIBUJO EN LA PANTALLA

FIN DibujeFuerzas

2.4.13. Dibujar Fuerzas en los pivotes (Función DibujeFzaPivote). Con los datos obtenidos al resolver la matriz, se dibujan en los pivotes de la maquina las fuerzas con sus respectivas magnitudes y sentidos.

INICIO DibujeFzaPivote

CALCULAR PUNTO Y FUERZA EN EL PIVOTE AFECTADOS POR UNA ESCALA DE REDUCCION

DIBUJAR FUERZA CON MAGNITUD Y SENTIDO EN PIVOTE

UBICAR TEXTO CORRESPONDIENTE A LA MAGNITUD DE LA FUERZA

FIN DibujeFzaPivote

2.4.14 . Dibujar Fuerzas en los Gatos. (Función DibujeFzaGato). Con los datos obtenidos al resolver la matriz, se dibujan en los gatos de la maquina las fuerzas con sus respectivas magnitudes y sentidos.

INICIO DibujeFzaGato

MAGNIFICAR EL VALOR DE LA FUERZA POR UN FACTOR DE ESCALA

VERIFICAR SI LA FUERZA ES DE COMPRESION O TRACCION
 DIBUJAR FUERZA EN LOS EXTREMOS DEL GATO
 UBICAR TEXTO CORRESPONDIENTE A LA MAGNITUD DE LA FUERZA
 FIN DibujeFzaGato

2.4.15. Dibujar Fuerzas de Sustentación (Función DibujeFzaSust). Con las fuerzas calculadas en el punto 2.4.7. se dibujan la fuerzas de sustentación de la maquina también teniendo en cuenta su magnitud y sentido.

INICIO DibujeFzaSust
 DIBUJAR LINEA PROPORCIONAL A P1 EN UN EXTREMO DE LA ORUGA
 DIBUJAR LINEA PROPORCIONAL A P2 EN EL OTRO EXTREMO DE LA ORUGA
 UNIR FINAL DE P1 CON FINAL DE P2 PARA OBTENER POLIGONO DE FZAS.
 UBICAR FUERZA DE FRICCION f_k
 UBICAR TEXTO CORRESPONDIENTE A LA MAGNITUD DE LAS FUERZAS
 FIN DibujeFzaSust

2.4.16. Borrar Flechas de Fuerza (Función BorreFlechas). Borra las fuerzas de la pantalla y regresa el dibujo a la posición previa al calculo de fuerzas, después de realizar la impresión del pantallazo de fuerzas.

INICIO BorreFlechas
 CREAR CONJUNTO DE ENTIDADES **cent** con las flechas y fuerzas de la pantalla.
 BORRAR CONJUNTO DE ENTIDADES **cent**.
 REGRESAR AL PUNTO DE VISTA PREVIO AL CALCULO DE FUERZAS.
 FIN Borreflechas

2.5. DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL.

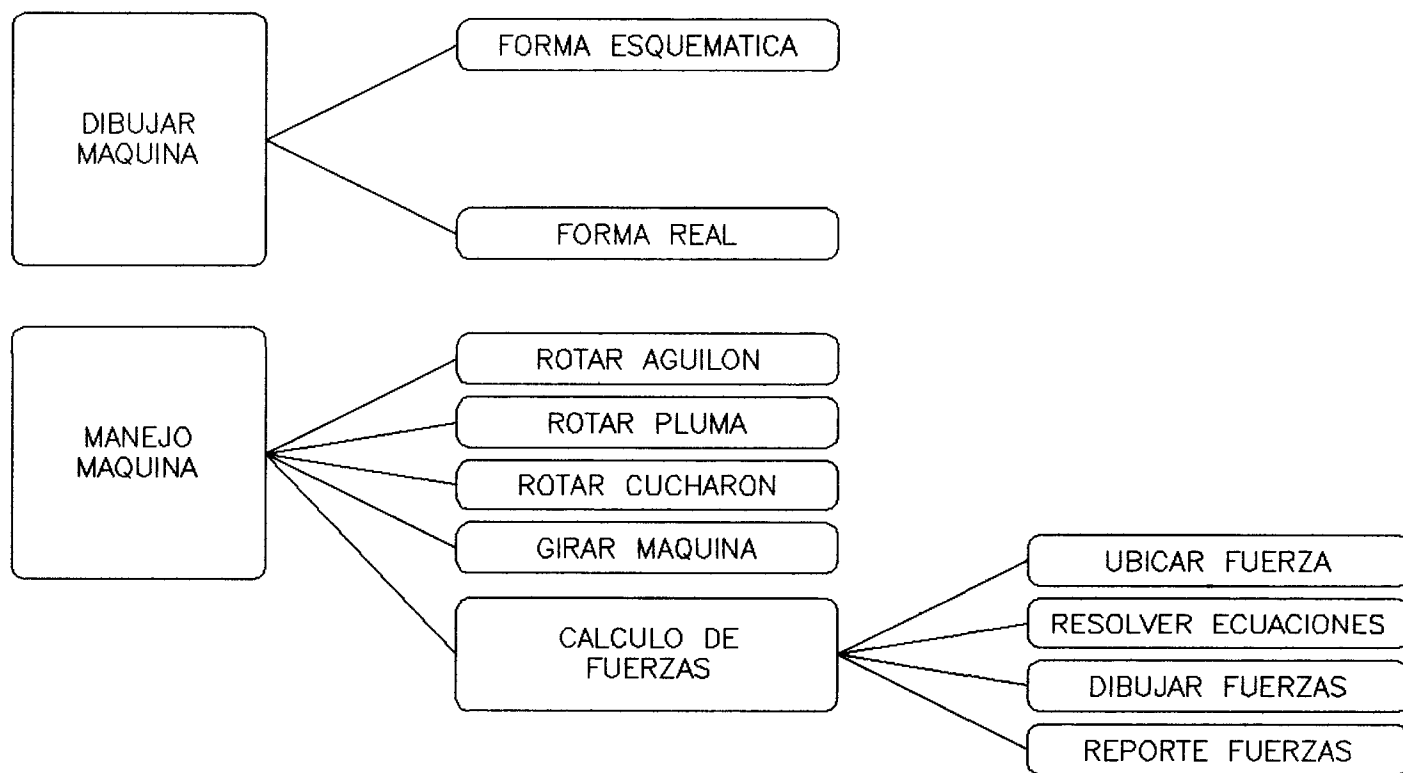


Figura 21. Diagrama de flujo general

3. PROGRAMA COMENTADO

Se obtendrá finalmente un programa estructurado de acuerdo al orden de trabajo seguido durante todo el proceso de solución de nuestro problema.

El programa de la RETROEXCAVADORA aparece con todas sus rutinas comentadas para que el usuario se ubique en forma fácil y rápida, en el momento que desee estudiar alguna parte del programa en especial.

3.1. PROGRAMA MAQUINA.LSP

```
; FUNCION IniciaParametros - NUMERAL 2.3.1.
(defun IniciaParametros ()                ; AJUSTE DE CONDICIONES DEL AMBIENTE DE TRABAJO.
  (setvar "COORDS" 0)                    ; APAGAR COORDENADAS
  (setvar "CMDECHO" 0)                    ; MODIFICACION VARIABLE CMDECHO
  (setvar "HIGHLIGHT" 0)                  ; MODIFICACION VARIABLE HIGHLIGHT
  (setq ViejoErr *error* *error* NuevoErr) ; NUEVO ERROR
)

; NUEVA FUNCION DE ERROR
; ANULA FUNCION DE ERROR DE AUTOCAD
(defun NuevoErr (s)                      ; Y SE REEMPLAZA POR UN NUEVO ERROR
  (close j)                             ; PROPIO DEL PROGRAMA MAQUINA.LSP
  (setq *error* ViejoErr)
  (princ)
)

; MANEJO DE ERRORES EN EL PROGRAMA ; CONTROLA LOS ERRORES GENERADOS
(defun ErrorMaquina (s)                  ; EN EL PROGRAMA MAQUINA.LSP
  (cond
    ((equal s "1")
      (prompt "\nARCHIVO INCORRECTO ")
    )
  )
)
```

```

    (equal s "2")
    (prompt "\nAQUI SE GENERO UN ERROR 2 ")
  )
)
(exit)
)

```

; FUNCION Dato - NUMERAL 2.3.3.

```

(defun Dato (/ dto)
  (while (not (equal (chr (read-char J)) ".:")))
  (setq dto (read-line J))
  (if (not (equal dto nil))
      (read dto)
      (ErrorMaquina "1") ; ARCHIVO MALO
  )
)

```

; FUNCION LeeDatos - NUMERAL 2.3.2.

```

(defun LeeDatos (Arch / j) ; LECTURA ARCHIVO DATOS
  (setq j (open Arch "r")) ; APERTURA ARCHIVO PARA LECTURA
  (repeat 2 (read-line j)) ; DESECHA TITULO DATOS BASICOS
  (setq Pa (Dato) ; COORDENADAS PTO A
    Ta (Gtor (Dato)) ; ANGULO INICIAL AGUILON
    Tp (Gtor (Dato)) ; ANGULO INICIAL PLUMA
    Tc (Gtor (Dato)) ; ANGULO INICIAL BARRA 1
    Tj (Gtor (Dato)) ; ANGULO INICIAL = 0
    la (Dato) ; LONGITUD DEL EJE AGUILON
    lp (Dato) ; LONGITUD DEL EJE PLUMA
    lb1 (Dato) ; LONGITUD DEL EJE BARRA 1 (DISTANCIA ENTRE C y F)
    lb2 (Dato) ; LONGITUD DEL EJE BARRA 2 (DISTANCIA ENTRE F y E)
    lb3 (Dato) ; LONGITUD DEL EJE BARRA 3 (DISTANCIA ENTRE D y E)
    lb4 (Dato) ; LONGITUD DEL EJE BARRA 4 (DISTANCIA ENTRE C y D)
    xt (Dato) ; DISTANCIA ENTRE B y T EN X
    yc (Dato) ; DISTANCIA ENTRE T y C EN Y
    xg (Dato) ; DISTANCIA ENTRE B y G EN X
    yg (Dato) ; DISTANCIA ENTRE G y H EN Y
    Pj (Dato) ; COORDENADAS PUNTO J
    xm (Dato) ; DISTANCIA ENTRE A y M EN X
    yn (Dato) ; DISTANCIA ENTRE M y N EN Y
    xo (Dato) ; DISTANCIA ENTRE A y O EN X
    yq (Dato) ; DISTANCIA ENTRE O y Q EN Y
    xs (Dato) ; DISTANCIA ENTRE B y S EN -X
    yr (Dato) ; DISTANCIA ENTRE B y S EN Y
    WB1 (Dato) ; PESO BARRA 1 (Kgs)
    WB2 (Dato) ; PESO BARRA 2 (Kgs)
    Wcu (Dato) ; PESO CUCHARA (Kgs)
    Wpl (Dato) ; PESO PLUMA (Kgs)
    Wag (Dato) ; PESO AGUILON (Kgs)
    Wca (Dato) ; PESO CABINA (MOTOR) (Kgs)
    cg1x (Dato) ; DISTANCIA ENTRE A y cg1 EN X
    cg1y (Dato) ; DISTANCIA ENTRE A y cg1 EN Y
    cg2x (Dato) ; DISTANCIA ENTRE B y cg2 EN X
    cg2y (Dato) ; DISTANCIA ENTRE B y cg2 EN Y
    cg3x (Dato) ; CENTRO DE GRAVEDAD BARRA 1
    cg4x (Dato) ; CENTRO DE GRAVEDAD BARRA 2
    cg5x (Dato) ; CENTRO DE GRAVEDAD CUCHARON
    cg5y (Dato) ;
    cg6 (Dato) ; CENTRO DE GRAVEDAD DE LA CABINA
    Pz (Dato) ; PUNTO MEDIO INFERIOR ORUGAS
    h (Dato) ; ESPESOR ORUGAS
    l (Dato) ; LONGITUD ORUGAS
    dd (Dato) ; ALTURA DE LA ORUGAS
  )
)

```

```

(close))
)

; UBICA PUNTO A PARTIR DE OTRO DESPLAZANDOSE EN X - Y
(defun Rectang (p1 p2 dx dy / p ang)
  (setq ang (angle p1 p2))
  p (polar p1 ang dx)
  p (polar p (+ ang (/ pi 2.0)) dy)
)

; FUNCION CalculaCuatroBarras - NUMERAL 2.3.5.
(defun CalculaCuatroBarras (Dibuja / ok)
  (setq Ang (+ Ta Tp (- Tc)))
  Pfv Pf Pf (polar Pc Ang lb1)
  d (distance Pd Pf)
  a (/ (+ (* lb2 lb2) (* d d) (- (* lb3 lb3))) (* 2 d))
)
(if (< a lb2)
  (setq x (sqrt (- (* lb2 lb2) (* a a)))
    p (polar Pf (angle Pf Pd) a)
    p1 (polar p (+ (angle Pf Pd) (/ pi 2)) x)
    Pev Pe Pe p1 ;(Escoja cpf cp1 cp2)
    CG3 (polar Pc (angle Pc Pf) cg3x) ;OBTENER COORD CENTRO GRAVEDAD BARRA 1
    CG4 (polar Pf (angle Pf Pe) cg4x) ;OBTENER COORD CENTRO GRAVEDAD BARRA 2
    CG5 (Rectang Pd Pe cg5x cg5y) ;OBTENER COORD CENTRO GRAVEDAD CUCHARON
    ok T
  )
  (setq ok nil Pf Pfv)
)
(if (and Dibuja ok)
  (progn
    (if (not Esquema)
      (command "LAYER" "s" "ejes" "off" "ejes" "y" "")
    )
    (command "LINE" Pc Pf "") (setq B1 (entlast)) ;DIBUJO Y ASIGNO EJES
    (command "LINE" Pf Pe "") (setq B2 (entlast)) ;PARA EL MECANISMO DE
    (command "LINE" Pe Pd "") (setq B3 (entlast)) ;CUATRO BARRAS
    (command "POINT" CG3) (setq Pcg3 (entlast))
    (command "POINT" CG4) (setq Pcg4 (entlast))
    (command "POINT" CG5) (setq Pcg5 (entlast))
    (command "LAYER" "s" "0" "") ;ACTIVO EL LAYER 0
    (command "UCS" "3P" Ph Pf (polar Ph (+ (angle Ph Pf) (/ pi 2.0)) 1))
    (command "INSERT" "G3" '(0 0) (distance Ph Pf) 1 0) ;INSERTO GATO 3
    (setq BG3 (entlast)) ;ASIGNAR BLOQUE GATO 3
    (command "UCS" "r" "ppal") ;RESTAURAR UCS PPAL
    (if (not Esquema)
      (progn
        (command "INSERT" "B1" Pc "" "" (RtoG (- (+ Ta Tp) Tc)))
        (setq BB1 (entlast)) ;ASIGNAR BLOQUE BARRA 1
        (command "INSERT" "B2" Pf "" "" (RtoG (angle Pf Pe)))
        (setq BB2 (entlast)) ;ASIGNAR BLOQUE BARRA 2
        (command "INSERT" "PALA" Pd "" "" (RtoG (angle Pd Pe)))
        (setq BB3 (entlast)) ;ASIGNAR BLOQUE BARRA 3
      )
    )
  )
  ok
)

; FUNCION DibujaMaquina - NUMERAL 2.3.4.
(defun DibujaMaquina ()
  ;_____

```



```

(setq Pb (list (+ (car Pa) (* la (cos Ta))) ;OBTENER COORD. Pb
              (+ (cadr Pa) (* la (sin Ta))) )
  Ang (+ Ta Tp (- pi)) ;OBTENER ANGULO DE GIRO PLUMA ;(MAQUINA EN POSICION INICIAL)
  Pd (polar Pb Ang lp) ;OBTENER COORD. Pd
  Pg (polar Pb (angle Pb Pd) xg) ;OBTENER COORD. Pg
  Ph (polar Pg (+ (/ pi 2.0) (angle Pb Pd)) yg) ;OBTENER COORD. Ph
  Pt (polar Pb (angle Pb Pd) xt) ;OBTENER COORD. Pt
  Pc (polar Pt (+ (angle Pb Pd) (/ pi 2.0)) yc) ;OBTENER COORD. Pc
  CG2 (Rectang Pb Pd cg2x cg2y) ;OBTENER COORD.CENTRO GRAV.PLUMA ;
  Pm (polar Pa (angle pa pb) xm) ;OBTENER COORD. Pa
  Pn (polar Pm (+ (/ pi 2.0) (angle pa pb)) yn) ;OBTENER COORD. Pm
  CG1 (Rectang Pa Pb cg1x cg1y) ;OBTENER COORD.CENTRO GRAV.AGUILON;
  Po (polar Pa (angle Pa Pb) xo) ;OBTENER COORD. Po
  Pq (polar Po (+ (/ pi 2.0) (angle Pa Pb)) yq) ;OBTENER COORD. Pq
  Pr (polar Pb (+ (/ pi 2.0) (angle Pb Pd)) yr) ;OBTENER COORD. Pr
  Ps (polar Pr (angle Pb Pd) xs) ;OBTENER COORD. Ps
)
(command "UCS" "w") ;INVOCAR UCS WORLD
(command "INSERT" "CUERPO" '(0 0 0) "" "" "" (setq CUE (entlast))); ;DIBUJAMOS ORUGAS Y CABINA
MAQUINA
; EXCEPTO LOS PUNTOS DEL MECANISMO
; DE CUATRO BARRAS.
(command "INSERT" "ORUGAS" '(0 0 0) "" "" "" (setq ORU (entlast)));
(command "UCS" "3p" '(0 0 0) '(1 0 0) '(0 0 1) ;UBICACION UCS PPAL
"UCS" "s" "ppal" "y"
)
(if Esquema ; SI EL DIBUJO ES ESQUEMATICO SE DIBUJAN
  (command "LAYER" "s" "ejes" "") ;ACTIVAR LAYER EJES ; Y MUESTRAN LOS EJES DE LA
MAQUINA.
  (command "LAYER" "s" "ejes" "off" "ejes" "y" "") ;DESACTIVAR LAYER EJES ; DE LO CONTRARIO LOS EJES SE
OCULTAN.
)
(command "LINE" "Pa Pb """) (setq Ag (entlast)) ;DIBUJO EJE Y ASIGNO NOMBRE ; DIBUJAR EJES DE LA
MAQUINA EN EL
(command "LINE" "Pb Pd """) (setq Pl (entlast)) ; LAYER O CAPA "EJES".
(command "LINE" "Pt Pc """) (setq EG5 (entlast))
(command "LINE" "Pg Ph """) (setq EG3 (entlast))
(command "LINE" "Pm Pn """) (setq EG1 (entlast))
(command "LINE" "Po Pq """) (setq EG2 (entlast))
(command "LINE" "Pb Ps """) (setq EG4 (entlast)) ;DIBUJO EJE Y ASIGNO NOMBRE
(command "POINT" "CG1") (setq Pcg1 (entlast)) ;PUNTO CENTRO DE GRAVEDAD AGUILON ;
(command "POINT" "CG2") (setq Pcg2 (entlast)) ;PUNTO CENTRO DE GRAVEDAD PLUMA ;
(if (not Esquema) ; SI EL DIBUJO NO ES ESQUEMATICO SE
  (progn ; MUESTRA LA MAQUINA EN FORMA REAL.
    (command "LAYER" "s" "0" "") ;ACTIVAR LAYER 0 ; DE LO CONTRARIO SOLO SE MUESTRA
EL
    (command "INSERT" "AGUILON" "Pa "" "" (RtoG Ta)) ;INSERTO AGUILON ; DIBUJO ESQUEMATICO (EJES
MAQUINA).
    (setq BAg (entlast)) ;ASIGNO BLOQUE AGUILON
    (command "INSERT" "PLUMA" "Pb "" "" (RtoG (- (+ Tp Ta) pi))) ;INSERTO
    (setq BPl (entlast)) ;ASIGNO BLOQUE PLUMA
  )
)
(command "UCS" "3p" "Pj Pn (polar pj (+ (angle Pj Pn) (/ pi 2.0)) 1));UCS Pj
(command "INSERT" "G1" '(0 0) "XYZ" (distance Pj Pn) 1 1 0);INSERTAR GATO 1 ; DIBUJA GATOS 1 Y 2 FIG. #3
(setq BG1 (entlast)) ;ASIGNO BLOQUE GATO 1
(command "UCS" "r" "ppal") ;RESTAURO UCS PPAL
(command "UCS" "3p" "Pq Ps (polar Pq (+ (angle Pq Ps) (/ pi 2.0)) 1));UCS Pq
(command "INSERT" "G2" '(0 0) (distance Pq Ps) 1 0) ;INSERTO GATO 2
(setq BG2 (entlast)) ;ASIGNO BLOQUE GATO 2
(command "UCS" "r" "ppal") ;RESTAURO UCS PPAL
(CalculaCuatroBarras T) ;INVOCA FUNCION CUATRO BARRAS ; CALCULO Y DIBUJO MEC.
CUATRO BARRAS

```

```

(setq c2 (ssget "x")) ;DEFINE CONJUNTO DE ENTIDADES
)

;FUNCION Caract - NUMERAL 2.3.17.
(defun caract (cod ent)
  (cdr (assoc cod (entget ent))))
)

;FUNCION Extremo - NUMERAL 2.3.16.
(defun Extremo (cod ent / pto vu)
  (setq pto (caract cod ent) vu (caract 210 ent))
  (list (+ (* (car pto) (- (cadr vu))) (* (cadr pto) (car vu)))
    (last pto))
  )
)

;FUNCION ActualizePuntos - NUMERAL 2.3.15.
(defun ActualizePuntos ()
  (setq Pb (Extremo 11 Ag)
    Pc (Extremo 10 B1)
    Pd (Extremo 11 Pl)
    Pf (Extremo 11 B1)
    Pe (Extremo 11 B2)
    Ph (Extremo 11 EG3)
    Pnv Pn Pn (Extremo 11 EG1)
    Pjf (caract 10 BG1)
    Pq (Extremo 11 EG2)
    Psv Ps Ps (Extremo 11 EG4)
    CG1 (Extremo 10 Pcg1)
    CG2 (Extremo 10 Pcg2)
    CG3 (Extremo 10 Pcg3)
    CG4 (Extremo 10 Pcg4)
    CG5 (Extremo 10 Pcg5))
  )
)

;FUNCION CONVERTIR GRADOS A RADIANS
(defun GtoR (ang)
  (* (/ ang 180.0) pi)
)

;FUNCION CONVERTIR RADIANS A GRADOS
(defun RtoG (ang)
  (* (/ ang pi) 180.0)
)

;FUNCION RotarA - NUMERAL 2.3.12.
(defun rotarA (DTa) ; CONTROLA EL GIRO DEL AGUILON
  (setq Ta (+ Ta (GtoR DTa))) ;ANGULO DE GIRO AGUILON ; EMPLEANDO EL PARAMETRO Dta.
  (if (not Esquema)
    (command "ROTATE" CAne "" Pa DTa)
    (command "ROTATE" CAe "" Pa DTa))
  )
  (ActualizePuntos) ;FUNCION ACTUALIZAR PUNTOS ; ACTUALIZA Ta Y LOS PUNTOS.
  (command "ROTATE" BG1 "" Pn "r" Pn Pjf Pj)
  (command "SCALE" BG1 "" Pn (/ (distance Pj Pn) (distance Pj Pnv)))
)

;FUNCION RotarB - NUMERAL 2.3.18.
(defun rotarB (Dtp) ; CONTROLA EL GIRO DE LA PLUMA
  (setq Tp (+ Tp (GtoR Dtp))) ;ANGULO DE GIRO PLUMA ; EMPLEANDO EL PARAMETRO Dtp.
  (if (not Esquema)
    (command "ROTATE" CPne "" Pb Dtp) ; ROTA CONJ.ENTIDADES PLUMA NO ESQUEMATICO
  )
)

```

```

(command "ROTATE" CPe "" Pb DTp) ; ROTA CONJ.ENTIDADES PLUMA ESQUEMATICO ;
)
(ActualizePuntos) ; FUNCION ACTUALIZAR PUNTOS ; ACTUALIZA COORDENADAS
ENTIDADES.
(command "ROTATE" BG2 "" Pq "r" Pq Psv Ps) ; ROTA BLOQUE GATO 2 ;
(command "SCALE" BG2 "" Pq (/ (distance Pq Ps) (distance Pq Psv))) ;ESCALA GATO 2 ;
)
;FUNCION RotarC - NUMERAL 2.3.19.
(defun rotarC (DTc) ; CONTROLA EL GIRO DE LA BARRA 1
(setq Tc (+ Tc (GtoR DTc))) ; ANGULO DE GIRO BARRA 1 ; EMPLEANDO EL PARAMETRO Dtc.
(if (CalculaCuatroBarras nil) ; CALCULAMOS CUATRO BARRAS SIN DIBUJAR! ;
(progn
(command
"ROTATE" BG3 "" Ph "r" Ph Pfv Pf ; ROTAR BLOQUE GATO 3 ;
"SCALE" BG3 "" Ph (/ (distance Ph Pf) (distance Ph Pfv)) ;ESCALAR BLOQUE GATO3;
)
(if (not Esquema) ; SI LA MAQUINA NO ES ESQUEMATICA
(command
"ROTATE" B1 BB1 Pcg3 B2 BB2 Pcg4 "" Pc "r" Pc Pfv Pf ; ENTONCES ROTAMOS MECANISMO CUATRO
"ROTATE" B2 BB2 Pcg4 "" Pf "r" Pf (Extremo 11 B2) Pe ; BARRAS EN LA REALIDAD.
"ROTATE" B3 BB3 Pcg5 "" Pd "r" Pd Pev Pe ;
)
(command
"ROTATE" B1 Pcg3 B2 Pcg4 "" Pc "r" Pc Pfv Pf ; DE LO CONTRARIO LOS EJES DE LAS
"ROTATE" B2 Pcg4 "" Pf "r" Pf (Extremo 11 B2) Pe ; CUATRO BARRAS GIRAN.
"ROTATE" B3 Pcg5 "" Pd "r" Pd Pev Pe ;
)
)
)
(setq Tc (- Tc (GtoR DTc)))
)
)
;FUNCION Rotar - NUMERAL 2.3.20.
(defun rotar (DTr) ; CONTROLA LA ROTACION DE LA
(command "UCS" "X" -90 ; GIRAR UCS RESPECTO A EJE X -90 GRADOS ; MAQUINA SOBRE SU
PROPIO EJE
"ROTATE" c2 "r" ORU "" '(0 0 0) DTr ;ROTAR CONJUNTO DE ENTIDADES ; EMPLEANDO EL
PARAMETRO Dtr.
"UCS" "z" DTr ;ROTAR UCS RESPECTO AL EJE Z DTr GRADOS ;
"UCS" "X" 90 ;ROTAR UCS RESPECTO AL EJE X 90 GRADOS ;
)
)
;FUNCION AdmOpcionFuerzas - NUMERAL 2.3.10.
(defun AdmOpcionFzas ()
(setq vpv (getvar "VIEWDIR")) ;
(command "VPOINT" '(0 -1 0)) ;
(command "TEXT" "br" (polar Pz (* 0.4 pi) 70) 0 ;
"ESQUEMA DE FUERZAS" ) ;
(setq pent (entlast)) ;
(CalcFuerzas) ;
(setq Ori nil) ;
(while (not Ori) ;
(setq tec (last (grread))) ;
(if (or (= tec 79) (= tec 111) (= tec 3002)) (setq Ori T)) ; PASAR DE FUERZAS A 3-D;TECLA O - o
)
(setq cent (ssadd pent)) ;
(while pent ;
(ssadd pent cent) ;
(setq pent (entnext pent)) ;
)
(command "ERASE" cent "" ;
)

```

```

    "VPOINT" (list (car vpv) (- (last vpv)) (cadr vpv))
  )
)

; MANEJAMOS LA MAQUINA EMPLEANDO EL
; TECLADO ALFANUMERICO.
;FUNCION Maneje - NUMERAL 2.3.7.
(defun C:Maneje (/ siga tec vpv pent cent Ori zw)
  (setq siga T zw 0)
  (while siga
    (setq tec (last (gread))) ;FUNCION LEER TECLADO
    (cond
      ((= tec 2001) (menucmd "S=hp"))
      ((= tec 2002) (setq siga nil))
      ((or (= tec 55) (= tec 2)) (rotarA 2.0)) ;TECLA 7 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 49) (= tec 3)) (rotarA -2.0)) ;TECLA 1 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 56) (= tec 4)) (rotarB 3.0)) ;TECLA 8 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 50) (= tec 5)) (rotarB -3.0)) ;TECLA 2 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 57) (= tec 6)) (rotarC -3.0)) ;TECLA 9 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 51) (= tec 7)) (rotarC 3.0)) ;TECLA 3 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 52) (= tec 8)) (rotar 5.0)) ;TECLA 4 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 54) (= tec 9)) (rotar -5.0)) ;TECLA 6 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 69) (= tec 101) (= tec 2003)) ;TECLA E o e PARA FIN
      (setq siga nil))
    )
    ((or (= tec 70) (= tec 102) (= tec 3001)) ;TECLA F O f CALCULAR FUERZAS
    (AdmOpcionFzas)
    )
    ((or (= tec 87) (= tec 119) (= tec 5001)) ;TECLA W O w PARA ZOOM WINDOW
    (prompt "\nDOS PUNTOS: ")
    (command "ZOOM" "w" pause pause)
    (setq zw (1+ zw))
    )
    ((or (= tec 80) (= tec 112) (= tec 5002)) ;TECLA P O p PARA ZOOM PREVIOUS
    (if (/= zw 0) (progn
      (command "ZOOM" "p")
      (setq zw (1- zw))
    ))
    )
    ((or (= tec 86) (= tec 118) (= tec 5003)) ;TECLA V O v PARA VPOINT (PUNTO DE VISTA)
    (command "VPOINT" "" pause)
    (command "ZOOM" "e")
    (setq zw (1+ zw))
    )
    ((or (= tec 73) (= tec 105) (= tec 5004)) ;TECLA I O i PARA PUNTO DE VISTA INICIAL
    (command "VPOINT" '(-1 -1 1))
    )
  )
  (if Simula
    (command "MSLIDE" (strcat "p" (itoa (setq cnt (1+ cnt)))))
  )
)

;
;_____

;FUNCION Selsset - NUMERAL 2.3.14.
(defun selsset (l / c)
  (setq c (ssadd))
  (foreach ent l
    (ssadd ent c)
  )
)

;FUNCION CreaConjuntos - NUMERAL 2.3.13.
(defun CreaConjuntos ()
  (if (not Esquema)
    (setq CAne (selsset (list Ag BAg PI BPI B1 BB1 B2 BB2 B3 BB3
    ;CONJUNTO AGUILON NO ESQUEMATICO

```

```

        EG3 BG3 EG1 BG1 EG2 BG2 EG4 EG5
        Pcg1 Pcg2 Pcg3 Pcg4 Pcg5)
    )
    CPne (setset (list PI BPI B1 BB1 B2 BB2 B3 BB3 EG3 BG3 EG4 EG5 ;CONJUNTO PLUMA NO ESQUEMATICO
        Pcg2 Pcg3 Pcg4 Pcg5)
    )
    )
    (setq CAe (setset (list Ag PI B1 B2 B3 EG3 BG3 EG2 BG2 ;CONJUNTO AGUILON ESQUEMATICO
        EG1 BG1 EG4 EG5
        Pcg1 Pcg2 Pcg3 Pcg4 Pcg5)
    )
    CPe (setset (list PI B1 B2 B3 EG3 BG3 EG4 EG5 ;CONJUNTO PLUMA ESQUEMATICO
        Pcg2 Pcg3 Pcg4 Pcg5)
    )
    )
    )
    )
    )
    ; PROGRAMA PRINCIPAL DE MAQUINA.LSP
    ; INVoca TODAS LAS FUNCIONES DE MAQUINA.LSP
    (defun C:Arranque (Arch) ;FUNCION ARRANQUE INICIAL MAQUINA
        (IniciaParametros) ;FUNCION INICIA PARAMETROS
        (LeeDatos Arch) ;FUNCION LEEDATOS DE UN ARCHIVO
        (DibujaMaquina) ;FUNCION DIBUJA MAQUINA ; EN LA POSICION INICIAL.
        (CreaConjuntos) ;FUNCION CREAR CONJUNTOS
        (command "ZOOM" "e") ;COMANDOS ZOOM EXTENS ; SIMULACION MOVIMIENTO DE LA MAQUINA.
        (C:Maneje) ;DEFINE MANEJE COMO UNA ORDEN DE AUTOCAD ;
    )
    ;FIN DEL PROGRAMA ;

```

3.2. PROGRAMA FUERZAS.LSP

```

; PROGRAMA FUERZAS.LSP

; FUNCION InicieMatriz - NUMERAL 2.4.5. ; MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES
(defun InicieMatriz () ; CONSTANTES.
    (setq matriz
        (
            (01 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 1) (8 0) (9 1) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
            (02 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 1) (9 0) (10 1) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
            (03 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 3) (10 3) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
            (04 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 -1) (10 0) (11 1) (12 0) (13 0) (14 0) (15 3) (16 0))
            (05 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 -1) (11 0) (12 1) (13 0) (14 0) (15 3) (16 3))
            (06 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 3) (10 3) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
            (07 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 1) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 -1) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 0))
            (08 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 1) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 -1) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
            (09 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 3) (6 3) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
            (10 (1 0) (2 0) (3 1) (4 0) (5 -1) (6 0) (7 -1) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 3) (15 3) (16 0))
            (11 (1 0) (2 0) (3 0) (4 1) (5 0) (6 -1) (7 0) (8 -1) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 3) (15 3) (16 3))
            (12 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 3) (6 3) (7 3) (8 3) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 3) (15 3) (16 3))
            (13 (1 1) (2 0) (3 -1) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 3) (14 3) (15 0) (16 0))
            (14 (1 0) (2 1) (3 0) (4 -1) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 3) (14 3) (15 0) (16 3))
            (15 (1 0) (2 0) (3 3) (4 3) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 3) (14 3) (15 0) (16 3))
        )
    )
)

```

```

; FUNCION ConvDato - NUMERAL 2.4.4.
(defun ConvDato (dato / cnt mag ang)
  (setq cnt 1)
  (while (not (equal (substr dato cnt 1) "<")) (setq cnt (1+ cnt)))
  (setq mag (atof (substr dato 1 (1- cnt)))
  (ang (atof (substr dato (1+ cnt) (- (strlen dato) cnt)))
  )
  (list mag ang)
)

; FUNCION LeeFza - NUMERAL 2.4.3.
(defun LeeFza (esc / pin pf pu pl ti ang mag bxt dato l)
  (setq pin (getpoint "\nPUNTO DE APLICACION: ") pf pin pu pin pl pin ti 5)
  (prompt "\nPUNTO FINAL")
  (while (= ti 5)
    (if (not (equal pf pu 0.01))
      (progn
        (setq pf pu
          (ang (RtoG (angle pin pf))
          mag (* esc (distance pin pf))
          bxt (strcat "Fza=" (rtos mag 2 2) " " "Ang=" (rtos ang 2 2))
        )
        (grtext -2 bxt)
        (grdraw pin pl -1) (grdraw pin pf -1) (setq pl pf)
      )
    )
    (if (= ti 5) (setq l (grread 1) ti (car l) pu (cadr l)))
  )
  (if (= ti 2) (progn
    (princ (strcat "\n" (chr pu)))
    (setq dato (strcat (chr pu) (getstring)))
    (setq l (ConvDato dato) mag (car l) ang (last l))
  ))
  (list pin mag ang)
)

; FUNCION Reemp - NUMERAL 2.4.7.
(defun Reemp (valor fi co / fila viejo nuevo)
  (setq fila (assoc fi matriz)
  viejo (assoc co (cdr fila))
  nuevo (list co valor)
  fila (cons (car fila) (subst nuevo viejo (cdr fila)))
  matriz (subst fila (assoc fi matriz) matriz)
)

; FUNCION LeeDibFzaExc - NUMERAL 2.4.2.
(defun LeeDibFzaExc (esc / Fw Tf Pw info)
  (setq info (LeeFza esc)
  Pw (car info) Fw (cadr info) Tf (GtoR (last info))
  Pwf (polar Pw Tf (/ Fw esc))
  )
  (command "LINE" Pw Pwf ""
  "INSERT" "flecha" Pwf 1 "" (RtoG (angle Pw Pwf))
  "TEXT" "br" Pwf 0 (rtos Fw 2 0)
  )
  (list Fw Tf Pw)
)

; FUNCION CalcMatriz - NUMERAL 2.4.1.
(defun CalcMatriz (/ Prms Aij Ahf Afh Aqs Asq Ajn)
  (setq Prms (LeeDibFzaExc 100.0)
  )

```

```

    Fw (car Prms) Tf (cadr Prms) Pw (last Prms) ; EN LA MATRIZ INICIAL.
  )
  (InicieMatriz)
  (setq Aij (* (- Fw) (cos Tf))) ; COEFICIENTE [01,16] ;
  (Reemp Aij 01 16)

  (setq Aij (- Wcu (* Fw (sin Tf)))) ; COEFICIENTE [02,16] ;
  (Reemp Aij 02 16)

  (setq Aij (- (- (cadr Pe) (cadr Pd)))) ; COEFICIENTE [03,09] ;
  (Reemp Aij 03 09)

  (setq Aij (- (car Pe) (car Pd))) ; COEFICIENTE [03,10] ;
  (Reemp Aij 03 10)

  (setq Aij (+ (* Fw (- (* (cos Tf) (- (cadr Pw) (cadr Pd)))) ; COEFICIENTE [03,16] ;
    (* (sin Tf) (- (car Pw) (car Pd))))
  )
  (* Wcu (- (car cg5) (car Pd)))
  )
  (Reemp Aij 03 16)

  (setq Ahf (angle Ph Pf)) ; CALCULO ANGULO FG3 ;
  (setq Aij (cos Ahf)) ; COEFICIENTE [04,15] ;
  (Reemp Aij 04 15)

  (setq Aij (sin Ahf)) ; COEFICIENTE [05,15] ;
  (Reemp Aij 05 15)

  (setq Aij Wb2) ; COEFICIENTE [05,16] ;
  (Reemp Aij 05 16)

  (setq Aij (- (cadr Pe) (cadr Pf))) ; COEFICIENTE [06,09] ; CALCULAR Y REEMPLAZAR
  (Reemp Aij 06 09) ; COEFICIENTES VARIABLES

  (setq Aij (- (- (car Pe) (car Pf)))) ; EN LA MATRIZ INICIAL.
  (Reemp Aij 06 10) ; COEFICIENTE [06,10] ;

  (setq Aij (* WB2 (- (car cg4) (car Pf)))) ; COEFICIENTE [06,16] ;
  (Reemp Aij 06 16)

  (setq Aij Wb1) ; COEFICIENTE [08,16] ;
  (Reemp Aij 08 16)

  (setq Aij (- (- (cadr Pc) (cadr Pf)))) ; COEFICIENTE [09,05] ;
  (Reemp Aij 09 05)

  (setq Aij (- (car Pc) (car Pf))) ; COEFICIENTE [09,06] ;
  (Reemp Aij 09 06)

  (setq Aij (* Wb1 (- (car cg3) (car Pf)))) ; COEFICIENTE [09,16] ;
  (Reemp Aij 09 16)

  (setq Aqs (angle Pq Ps) Afh (angle Pf Ph)) ; CALCULO ANGULOS FG2 Y FG3 ;
  (setq Aij (cos Aqs)) ; COEFICIENTE [10,14] ;
  (Reemp Aij 10 14)

  (setq Aij (cos Afh)) ; COEFICIENTE [10,15] ;
  (Reemp Aij 10 15)

  (setq Aij (sin Aqs)) ; COEFICIENTE [11,14] ;

```

```

(Reemp Aij 11 14)
;
;
;
;
; COEFICIENTE [11,15] ;
(Reemp Aij 11 15)
;
;
; COEFICIENTE [11,16] ;
(Reemp Aij 11 16)
;
;
; COEFICIENTE [12,05] ;
(Reemp Aij 12 05)
;
;
; COEFICIENTE [12,06] ;
(Reemp Aij 12 06)
;
;
; COEFICIENTE [12,07] ;
(Reemp Aij 12 07)
;
;
; COEFICIENTE [12,08] ;
(Reemp Aij 12 08)
;
;
; COEFICIENTE [12,14] ;
(setq Aij (- (* (sin Aqs) (- (car Ps) (car Pb)))
(* (cos Aqs) (- (cadr Ps) (cadr Pb))))
)
;
;
(Reemp Aij 12 14)
;
;
; COEFICIENTE [12,15] ;
(setq Aij (- (* (sin Afh) (- (car Ph) (car Pb)))
(* (cos Afh) (- (cadr Ph) (cadr Pb))))
)
;
;
(Reemp Aij 12 15)
;
;
; COEFICIENTE [12,16] ; CALCULAR Y REEMPLAZAR
(Reemp Aij 12 16) ; COEFICIENTES VARIABLES
; EN LA MATRIZ INICIAL.
; CALCULO ANGULOS FG1 Y FG ;
(setq Ajn (angle Pj Pn) Asq (angle Ps Pq))
; COEFICIENTE [13,13] ;
(Reemp Aij 13 13)
;
;
; COEFICIENTE [13,14] ;
(setq Aij (cos Asq))
(Reemp Aij 13 14)
;
;
; COEFICIENTE [14,13] ;
(setq Aij (sin Ajn))
(Reemp Aij 14 13)
;
;
; COEFICIENTE [14,14] ;
(setq Aij (sin Asq))
(Reemp Aij 14 14)
;
;
; COEFICIENTE [14,16] ;
(setq Aij Wag)
(Reemp Aij 14 16)
;
;
; COEFICIENTE [15,03] ;
(setq Aij (- (cadr Pb) (cadr Pa)))
(Reemp Aij 15 03)
;
;
; COEFICIENTE [15,04] ;
(setq Aij (- (- (car Pb) (car Pa))))
(Reemp Aij 15 04)
;
;
; COEFICIENTE [15,13] ;
(setq Aij (- (* (sin Ajn) (- (car Pn) (car Pa)))
(* (cos Ajn) (- (cadr Pn) (cadr Pa))))
)
;
;
(Reemp Aij 15 13)
;
;
;

```



```

(setq Aij (- (* (sin Asq) (- (car Pq) (car Pa)))
            (* (cos Asq) (- (cadr Pq) (cadr Pa)))) ; COEFICIENTE [15,14]
)
)
(Reemp Aij 15 14)

(setq Aij (* Wag (- (car Cg1) (car Pa)))) ; COEFICIENTE [15,16]
(Reemp Aij 15 16)
)

; FUNCION EscMat - NUMERAL 2.4.8.
(defun EscMat (/ arch fila elem) ; ESCRIBIR DATOS DE LA MATRIZ
  (setq arch (open "datos.dat" "w")) ; EN UN ARCHIVO DATOS.DAT
  (princ "15" arch) (princ "\n" arch)
  (foreach fila matriz
    (foreach elem (cdr fila)
      (princ (last elem) arch) (princ " " arch)
    )
    (princ "\n" arch)
  )
  (close arch)
)

; FUNCION LeeFuerzas - NUMERAL 2.4.10.
(defun LeeFuerzas (/ arch fza lf) ; LEE ARCHIVO DATOS.DAT Y OBTIENE
  (setq arch (open "FUERZAS.DAT" "r")) ; UNA LISTA CON TODAS LAS FUERZAS
  fza (read-line arch) ; CALCULADAS CON Solsis.
  (if ()
  )
  (while fza
    (setq lf (append lf (list (read fza))))
    fza (read-line arch)
  )
  (close arch)
  lf
)

; FUNCION DibujeFzaPivote - NUMERAL 2.4.13.
(defun DibujeFzaPivote (p fx fy / q f) ; DIBUJA EN LOS PIVOTES DE LA
  (setq q (list (+ (car p) (/ fx 250.0)) (+ (cadr p) (/ fy 250.0)))) ; MAQUINA LAS FUERZAS CON SUS
  f (sqrt (+ (* fx fx) (* fy fy))) ; RESPECTIVAS MAGNITUDES Y
  ) ; SENTIDOS.
  (command "LINE" p q ""
    "INSERT" "flecha" q 1 "" (RtoG (angle p q))
    "TEXT" "BR" q 0 (rtos f 2 0)
  )
)

(defun PtoMedio (p1 p2) ; CALCULA PUNTO MEDIO ENTRE P1 Y P2 DE FUERZAS EN GATOS ;
  (list (/ (+ (car p1) (car p2)) 2.0) (/ (+ (cadr p1) (cadr p2)) 2.0))
)

; FUNCION DibujeFzaGato - NUMERAL 2.4.14.
(defun DibujeFzaGato (f p1 p2 / a12 a21 pa pb) ; DIBUJA EN LOS GATOS DE LA
  (setq f (/ f 500.0)) ; MAQUINA LAS FUERZAS CON SUS
  a12 (angle p1 p2) a21 (angle p2 p1) ; RESPECTIVAS MAGNITUDES Y
  pa (polar p1 a12 f) pb (polar p2 a21 f) ; SENTIDOS.
  )
  (if (> f 0.0)
    (command "LINE" p1 (polar p1 a12 f) ""
      "INSERT" "flecha" pa 1 "" (RtoG a12)
      "LINE" p2 (polar p2 a21 f) ""
    )
  )

```

```

    "INSERT" "flecha" pb 1 "" (RtoG a21)
  )
  (command "LINE" p1 (polar p1 a12 f) ""
    "INSERT" "flecha" pa 1 "" (RtoG a21)
    "LINE" p2 (polar p2 a21 f) ""
    "INSERT" "flecha" pb 1 "" (RtoG a12)
  )
)
(command "TEXT" (PtoMedio p1 p2) 0 (rtos (* 500.0 f) 2 0))
)

; FUNCION DibujeFzaSust - NUMERAL 2.4.15.
(defun DibujeFzaSust (fk p1 p2 / pa pb pav)
  (setq pa (list (- (/ 1 2)) (- (+ p1 dd))))
  (setq pb (list (- (/ 1 2)) (- dd)))
  (command "LINE" pa pb ""
    "INSERT" "flecha" pb 1 "" (RtoG (angle pa pb))
  )
  (setq pav pa
    pa (list (/ 1 2) (- (+ p2 dd)))
    pb (list (/ 1 2) (- dd))
  )
  (command "LINE" pa pb ""
    "INSERT" "flecha" pb 1 "" (RtoG (angle pa pb))
  )
  (command "LINE" pav pa "")
  (setq pa (polar pb 0.0 (/ (abs fk) 100.0)))
  (command "LINE" pa pb "")
  (if (< fk 0)
    (command "INSERT" "flecha" pb 1 "" 180)
    (command "INSERT" "flecha" pa 1 "" 0)
  )
  (command "TEXT" pa 0 (rtos fk 2 0))
)

; FUNCION DibujeFuerzas - NUMERAL 2.4.12.
(defun DibujeFuerzas (lf)
  (DibujeFzaPivote Pa (nth 0 lf) (nth 1 lf))
  (DibujeFzaPivote Pb (nth 2 lf) (nth 3 lf))
  (DibujeFzaPivote Pc (nth 4 lf) (nth 5 lf))
  (DibujeFzaPivote Pd (nth 6 lf) (nth 7 lf))
  (DibujeFzaPivote Pe (nth 8 lf) (nth 9 lf))
  (DibujeFzaPivote Pf (nth 10 lf) (nth 11 lf))
  (DibujeFzaGato (nth 12 lf) Pj Pn)
  (DibujeFzaGato (nth 13 lf) Pq Ps)
  (DibujeFzaGato (nth 14 lf) Ph Pf)
  (DibujeFzaSust (nth 15 lf) (nth 16 lf) (last lf))
  (command "ZOOM" "e")
)

; FUNCION CalcFzasSust - NUMERAL 2.4.11.
(defun CalcFzasSust (/ fk R1 R2 P1 P2)
  (setq fk (* (- Fw) (cos Tf))
    R1 (- (* Fw (sin Tf)) (+ Wag Wpl Wb1 Wb2 Wcu Wca))
    R2 (- (* Fw (sin Tf)) (- (car Pw) (car Pz)))
    (+ (* Wag (- (car cg1) (car Pz)))
      (* Wpl (- (car cg2) (car Pz)))
      (* Wb1 (- (car cg3) (car Pz)))
      (* Wb2 (- (car cg4) (car Pz)))
      (* Wcu (- (car cg5) (car Pz)))
      (* Wca (- (car cg6) (car Pz)))
      (* Fw (cos Tf)) (- (cadr Pw) (cadr Pz)))
    ; fk.
    ; CALCULA LA FUERZA DE FRICCION
    ; CALCULA LAS PRESIONES P1 Y P2.

```

```

)
)
R1 (/ (- R1) (* h l))
R2 (/ (* 6.0 (- R2)) (* h l l))
P2 (/ (+ R1 R2) 2.0)
P1 (/ (- R1 R2) 2.0)
)
(list fk P1 P2)
)

; PROGRAMA PRINCIPAL FUERZAS.LSP
; INVOCA TODAS LAS FUNCIONES DE FUERZAS.LSP
(defun CalcFuerzas ()
  (CalcMatriz)
  (EscMat)
  (solsis)
  (setq lf (LeeFuerzas)
    lf (append lf (CalcFzasSust))
  )
  (DibujeFuerzas lf)
)
; FUNCION CalcFuerzas
; FUNCION CalcMatriz
; FUNCION EscMat
; FUNCION solsis
; LEE 15 FUERZAS
; LEE 03 FUERZAS
; FUNCION DibujeFuerzas
; FIN DEL PROGRAMA

; PROGRAMA PRINCIPAL
; FUERZAS.LSP

```

4 - MANUAL DEL USUARIO.

Se explicará la forma como el usuario podrá hacer funcionar el programa de la retroexcavadora, teniendo en cuenta que las longitudes de los elementos de la maquina pueden ser variados o no dependiendo de que la maquina se estudie en forma esquemática (EJES) o en forma real (BLOQUES).

4.1.REQUERIMIENTOS DE HARDWARE.

Se necesita un computador con un PROCESADOR 80386 y COPROCESADOR MATEMATICO o un PROCESADOR 80486DX con 4 MEGAS DE MEMORIA RAM y disco duro como mínimo de 40 MEGAS.

4.2.REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE.

Programa de dibujo y diseño asistido por computador AUTOCAD VERSION 12.

4.3.INSTALACION DEL PROGRAMA.

Se creara un directorio en el cual se copiaran todos los archivos que se requieren para que el programa de la retroexcavadora pueda ser empleado por el usuario de turno.

4.3.1 Crear Directorio.Se crea un directorio que en este caso llamaremos MAQUINA.

Estando ubicados en C:\>

C:\> MD MAQUINA ENTER

De esta forma queda creado el directorio MAQUINA.

4.3.2 Copiar Archivos.En el directorio MAQUINA se copiaran todos los archivos que se encuentran en un disco flexible o diskette de la siguiente forma:

C:\MAQUINA>A: COPY *.* C:

Los archivos que deben ser copiados en el directorio son los siguientes:

MODELO.DAT: Archivo que contiene los datos básicos iniciales del modelo.

MAQUINA.LSP : Contiene el programa que controla el dibujo y movimiento del modelo.

FUERZAS.LSP : Contiene el programa que controla el cálculo y el dibujo de fuerzas.

MATRIZ.EXE : Programa en C que resuelve el sistema de ecuaciones.

MAQUINA.DWG : Archivo donde se encuentra el dibujo de la maquina.

RETRO.MNU : Archivo que contiene el menú de pantalla para el manejo del modelo.

RETRO.MNL : Archivo que contiene rutinas en AUTOLISP para que el menú de pantalla trabaje en forma mas eficiente.

RETRO.MNX : Archivo del menú de pantalla, pero escrito en lenguaje de maquina.

ACAD.LSP: Archivo donde se encuentran las ordenes para cargar las rutinas del modelo..

4.4 COMO ENTRAT EN AUTOCAD.

Inicialmente se arranca el AUTOCAD, por medio de la orden **C:\MAQUINA>CAD** estando ubicado en el directorio **MAQUINA**, con lo cual se cargan todas las rutinas en **LISP**.

Si el programa no arranca correctamente se deben revisar los archivos **CAD.BAT** y **AUTOEXEC.BAT**, los cuales se encuentran en el raíz **C** del computador. Las instrucciones correctas que deben aparecer en estos archivos son las siguientes:

-ARCHIVO CAD.BAT

```
SET ACAD=C:\ACAD\SUPPORT;C:\ACAD\FONTS;C:\ACAD\ADS
SET ACADCFG=C:\ACAD
SET ACADDRV=C:\ACAD\DRV
C:\ACAD\ACAD %1 %2
SET ACAD=
SET ACADCFG=
SET ACADDRV=
```

-ARCHIVO AUTOEXEC.BAT

Debe incluir la instrucción **PATH C:**

Las rutinas descritas anteriormente permiten que el autocad pueda ser arrancado desde cualquier directorio creado.

En el momento en que el usuario se encuentre dentro del AUTOCAD empleará el menú de pantalla o menús desplegables para acceder al dibujo de la retroexcavadora.

4.4.1 El Editor de Dibujo. Una vez que el AUTOCAD ha sido arrancado correctamente se visualiza en la pantalla EL EDITOR DE DIBUJO. Es el formato de trabajo sobre el que se presentara el dibujo de la retroexcavadora. La pantalla se muestra de forma similar a la figura 22.

La distribución de la figura cumple las finalidades que se describen a continuación.

4.4.1.1 Area Gráfica. Ocupa la mayor parte de la pantalla, y es donde son mostrados los dibujos.

4.4.1.2 Area de Mensajes y Ordenes. Son tres líneas de texto donde aparece el PROMPT del editor: COMMAND: ; esto significa que AUTOCAD esta listo y a la espera de que el usuario indique una orden; inmediatamente se efectuara el proceso correspondiente, y aparecerán mensajes, información y solicitud de parámetros en estas tres líneas.

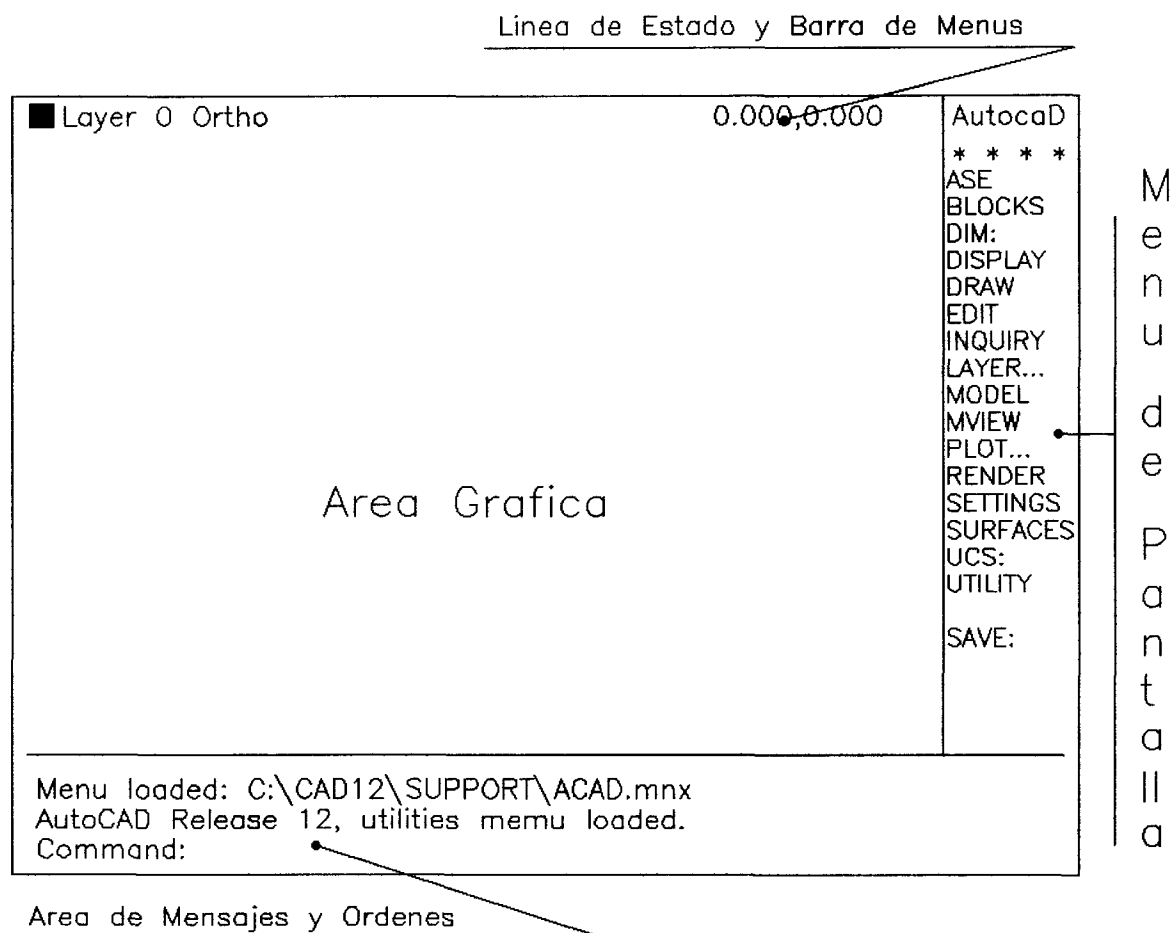


Figura 22. Area de mensajes y ordenes.

4.4.1.3 Area del Menú de Pantalla. Se visualiza un extenso menú jerárquico con todas las ordenes de AUTOCAD.

Cada opción puede tener un número máximo de ocho caracteres.

4.4.1.4. Línea de Estado/Barra de Menus. En la parte superior de la pantalla esta una línea de texto que informa el LAYER actual , el estado de los modos existentes de ayuda al dibujo y las coordenadas del cursor.

El AUTOCAD dispone de menús desplegables que anaden nuevas características al programa; estos menús se agrupan en una línea (llamada barra de menús) que se superpone a la línea de estado cuando se acerca el cursor a la misma.

Las ordenes Nuevo y Abrir, detalladas mas adelante en este capitulo, permiten dar nombre a un archivo de datos nuevo o continuar sobre un archivo de datos ya creado.

La orden salir sirve para salir de AUTOCAD, desechando cualquier modificación. Todas las ordenes se comentan mas adelante en este capitulo.

4.5.COMO ARRANCAR EL PROGRAMA DE LA RETROEXCAVADOA.

El programa de la retroexcavadora se maneja empleando menús desplegables.

Para arrancar el programa de la retroexcavadora se procede como se describe a continuación.

En la barra de menú identificada como **File** se señala la opción open y después de esto se selecciona el archivo identificado como **MAQUINA**.

Cuando se selecciona el archivo maquina, automáticamente aparece el menú de pantalla con el cual se puede controlar el programa del modelo de la retroexcavadora. El control de la retroexcavadora también se puede efectuar con el teclado alfanumérico del computador.

En la primera barra de menú identificada con la palabra **Archivo** aparecen las siguientes opciones para visualizar el modelo de la retroexcavadora.:

-Nuevo: Con esta opción se creara un archivo de datos nuevo, el programa solicitara un nombre para el archivo nuevo. Se debe tener en cuenta que este archivo nuevo nunca debe llamarse MODELO ya que este es el nombre del archivo prototipo que contiene la información básica de la retroexcavadora.

Después de asignarle un nombre al archivo nuevo el usuario tendrá la posibilidad de trabajar con la maquina ya sea en forma real (Bloques) o en forma esquemática (EJES).

Cuando se requiera trabajar en forma esquemática se podrán modificar tanto las longitudes como los ángulos de los elementos constitutivos de la maquina. Pero

si por el contrario se desea trabajar con la maquina en su forma real solo se podrán modificar los ángulos de los elementos principales y no las longitudes de los mismos.

-Abrir: Esta opción emplea un archivo prototipo llamado MODELO, el cual permite que el usuario pueda trabajar con la maquina ya sea en forma real (Bloques) o en forma esquemática (EJES).

4.6.IMPRIMIR MODELOS Y SALIR DEL PROGRAMA.

Estas ordenes permiten imprimir cualquier detalle de la retroexcavadora en la pantalla grafica, también permiten salir del programa cuando el usuario lo juzgue conveniente.

Estas ordenes se encuentran en el primer menú de barras y se describen a continuación.

-Salir: Permite que el usuario salga del dibujo de la maquina y del AUTOCAD, pero sin salvar los cambios efectuados.

-Imprimir : Permite realizar impresiones, con todas las alternativas de AUTOCAD.

4.7. MANEJO DE LA MAQUINA.

La retroexcavadora se puede manejar ya sea con los menús desplegables, menú de pantalla y teclas alfanuméricas.

4.7.1 Menu de Barra Manejar. Con este menú se controlan los movimientos del modelo y también permite suspender o reiniciar la ejecución del programa que controla el modelo de la maquina. Cuando se selecciona el menú de barra MANEJAR, aparece un menú desplegable que contiene las siguientes ordenes:

4.7.1.1. Botones: Permite que aparezca el menú de pantalla para controlar los movimientos del modelo de la maquina.

AG + : Movimiento hacia arriba del aguilón.

AG - : Movimiento hacia abajo del aguilón.

PL + : Movimiento hacia arriba de la pluma.

PL - : Movimiento hacia abajo de la pluma.

CU + : Movimiento hacia arriba del cucharón.

CU - : Movimiento hacia abajo del cucharón.

GI + : Giro positivo de toda la maquina.

GI - : Giro negativo de toda la maquina.

4.7.1.2. Parar: Detiene la ejecución del programa que controla retroexcavadora.

Es el paso previo para poder salir del programa de la retroexcavadora.

4.7.1.3. Reiniciar: Reinicia la ejecución del programa que controla retroexcavadora.

4.7.2. Menú de Barra Fuerzas. Con este menú se controla el calculo de fuerzas en el modelo. Cuando se selecciona el menú de barra FUERZAS, aparece un menú desplegable que contiene las siguientes ordenes:

4.7.2.1. F Calculo Fuerzas: Esta orden ubica la maquina en una vista lateral y solicita del usuario el punto de aplicación, la magnitud y dirección de la fuerza de excavación o peso del material removido, para cargar el modelo de la máquina. En este momento el programa calcula y dibuja todas las fuerza que se generan durante el funcionamiento del modelo de la maquina. Como las fuerzas de sustentación , fuerzas en los pivotes y fuerzas en los gatos.

La fuerza que se aplica se ubica con el raton, el primer punto es la cola del vector de la fuerza y el punto final es el punto donde se aplica la fuerza en el cucharon.

La magnitud y el angulo de la fuerza aparecen ubicados en la pantalla, en el lugar donde normalmente aparecen las coordenadas del Autocad.

Si en un determinado problema es necesario que la magnitud y direccion de la fuerza se definan en forma mas exacta, por ejemplo una fuerza de 200 unidades con un angulo de 90°

El usuario debe proceder de la siguiente forma:

-Ubicar el punto final del vector de la fuerza.

-Digitar **200<90** y la tecla **ENTER**. De esta forma se pueden asignar valores de fuerzas y direcciones con mas exactitud.

4.7.2.2. O Fin Fuerzas: Esta orden permite finalizar el calculo de fuerzas y retorna el dibujo a la posición previa.

4.7.2.3. D Salir A Imprimir: Esta orden permite dejar el pantallazo de la retroexcavadora con las fuerzas, para posteriormente ir al menú de barra **Archivo**

y seleccionar la opción **Imprimir**, la impresión se puede realizar con todas las posibilidades de Autocad.

Después de imprimir se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Reiniciar** para que el programa funcione nuevamente.

4.7.3 Menu de Barra Mirar. Con este menú se controla la visualización en pantalla de las entidades que componen el modelo de la maquina. Cuando se selecciona el menú de barra MIRAR, aparece un menú desplegable que contiene las siguientes ordenes:

4.7.3.1. W Ventana: Esta orden permite seleccionar el área del modelo que va a ser visualizado, de forma que ocupe todo el tamaño de la pantalla. Si el área seleccionada es pequeña, aumenta el tamaño aparente de las entidades contenidas en ella, con lo que se produce la sensación de acercamiento. Si el área es mayor que la abarcada por la visualización actual, disminuye el tamaño aparente de las entidades y la sensación es de alejamiento. Marcando el primer punto, aparece un rectángulo elástico en pantalla con el que se controlan las entidades que van a entrar en la ventana. Abarcadas todas las que interesan, se señala el segundo punto y la orden se ejecuta.

4.7.3.2. P Previo: Permite volver a la ultima visualización efectuada. AUTOCAD va almacenando las sucesivas visualizaciones hasta un total de diez, de manera que se pueden ir obteniendo las diez ultimas repitiendo la orden **P Previo** . También son tomadas en cuenta como posibles vistas previas las generadas por las ordenes **V Punto Vista** y **W Ventana**.

4.7.3.3. V Punto Vista: Esta orden permite determinar una visualización tridimensional del modelo de la maquina. En los dibujos en dos dimensiones el eje Z, en sentido figurado, apunta al observador; es decir, la visual del usuario coincide con el eje Z. Es posible modificar esta visual para conseguir que sea el eje X o Y el que se dirija al usuario o visualizar los tres ejes simultáneamente en multitud de posiciones.

Una vez especificado el punto de vista, AUTOCAD regenera el modelo y efectúa una proyección paralela de las entidades, tal y como se verían desde ese punto, no una perspectiva cónica. El punto de vista deseado para el dibujo puede ser introducido puede ser introducido de las siguientes formas:

-Indicando numéricamente los tres componentes, X, Y, Z, del punto de vista deseado, separados por comas.

-Mediante la utilización de la brújula y del trípode de ejes, sistema gráfico especial.

4.7.3.3. I Punto Vista Inicial: Permite retornar a la visualización inicial del modelo, con un punto de vista de coordenadas (-1, -1, 1).

4.7.4. Menú de Barra Animación. Con este menú se controla la toma de fotografías (**slides**) secuenciales a cada uno de los movimientos que efectúa la retroexcavadora durante su funcionamiento y su posterior presentación, obteniendo una animación de la retroexcavadora.

4.7.4.1.Saca Fotos: Esta orden controla la toma de fotografías (**slides**) a cada uno de los movimientos que efectúa la retroexcavadora durante su funcionamiento.

Antes de emplear esta orden se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Parar**. Después de seleccionar la opción **Saca Fotos**, se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Reiniciar** para que el programa funcione nuevamente. A partir de este momento se tomaran fotos de todos los movimientos que realice la retroexcavadora.

La opción **Saca fotos** borra las fotos previas (**slides**)que pudieran encontrarse en el directorio donde se encuentra el programa de la retroexcavadora.

4.7.4.2.Fin Fotos: Esta orden impide que se continúe con la toma de fotografías a cada uno de los movimientos que efectúa la retroexcavadora durante su funcionamiento.

Antes de emplear esta orden se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Parar**. Después de seleccionar la opción **Fin Fotos**, se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Reiniciar** para que el programa funcione nuevamente. A partir de este momento no se tomarán más fotos de la retroexcavadora.

Antes de emplear esta orden se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Parar**. Después de seleccionar la opción **Ver Fotos**, se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Reiniciar** para que el programa funcione nuevamente.

4.7.4.3. Ver Fotos: Controla la presentación secuencial de todas las fotos tomadas a la retroexcavadora, para de esta forma obtener una animación de la misma durante su funcionamiento.

Si no se desea tomar mas fotos se debe seleccionar la opcion **Fin Fotos**.

de vista de coordenadas (-1, -1, 1).

El modelo de la maquina también puede ser controlado con el teclado del computador, se pueden controlar tanto los movimientos como las visualizaciones del modelo.









	Movimiento hacia arriba del aguilon.
	Movimiento hacia abajo del aguilon.
	Movimiento hacia arriba de la pluma.
	Movimiento hacia abajo de la pluma.
	Movimiento hacia arriba del cucharon.
	Movimiento hacia abajo del cucharon.
	Giro positivo de toda la maquina.
	Giro negativo de toda la maquina.

Figura 23. Teclas de control.

4.8. REPORTES POR IMPRESORA.

La información sobre las fuerzas generadas durante el funcionamiento del modelo de la maquina y los desplazamientos y dimensiones de los elementos de la misma, se pueden obtener fácilmente con dos reportes definidos como **Datos Basicos** y **Reporte Fuerzas**. En estos reportes aparece toda la información necesaria de la retroexcavadora.

4.8.1. Menú de Barra Reportes. Con este menú se controlan la impresión de los reportes **Datos Basicos** y **Reporte Fuerzas**.

4.8.1.1. Datos Basicos:En este reporte aparece identificado el archivo empleado, las coordenadas de algunos puntos y los datos de longitudes, ángulos de los elementos de la retroexcavadora, pesos y centros de gravedad.

Antes de emplear esta orden se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Parar**. Después de imprimir el reporte, se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Reiniciar** para que el programa funcione nuevamente.

MODELO EN USO: MODELO.DAT
 DATOS BASICOS RETROEXCAVADORA

COORDENADAS DEL PUNTO A : (2.5 12.8 0)
 ANGULO INICIAL AGUILON : 30.0
 ANGULO INICIAL PLUMA : 120.0
 ANGULO INICIAL BARRA 1 : 120.0
 ANGULO INICIAL = 0 : 0.0
 LONGITUD DEL EJE AGUILON : 70.5
 LONGITUD DEL EJE PLUMA : 34.8828
 LONGITUD DEL EJE BARRA 1 : 6.3417
 LONGITUD DEL EJE BARRA 2 : 7.5
 LONGITUD DEL EJE BARRA 3 : 5.6569
 LONGITUD DEL EJE BARRA 4 : 5.5
 DISTANCIA ENTRE B y T EN X : 29.4182
 DISTANCIA ENTRE T y C EN Y : 0.6228
 DISTANCIA ENTRE B y G EN X : 3.91732
 DISTANCIA ENTRE G y H EN Y : 9.19282
 COORDENADAS PUNTO J : (8.5 4.3 0)
 DISTANCIA ENTRE A y M EN X : 29.0
 DISTANCIA ENTRE M y N EN Y : 11.5
 DISTANCIA ENTRE A y O EN X : 36.7033
 DISTANCIA ENTRE O y Q EN Y : 14.1330
 DISTANCIA ENTRE B y S EN -X : -11.8683
 DISTANCIA ENTRE B y S EN Y : 5.3286
 PESO BARRA 1 (Kgs) : 50.0
 PESO BARRA 2 (Kgs) : 60.0
 PESO CUCHARA (Kgs) : 590.0
 PESO PLUMA (Kgs) : 300.0
 PESO AGUILON (Kgs) : 380.0
 PESO CABINA (MOTOR) (Kgs) : 6000.0
 DISTANCIA ENTRE A y cg1 EN X : 33.7042
 DISTANCIA ENTRE A y cg1 EN Y : 6.3672
 DISTANCIA ENTRE B y cg2 EN X : 8.0309
 DISTANCIA ENTRE B y cg2 EN Y : 3.0819
 CENTRO DE GRAVEDAD BARRA 1 : 3.1708
 CENTRO DE GRAVEDAD BARRA 2 : 3.75
 CENTRO DE GRAVEDAD CUCHARA EN X : 4.2440
 CENTRO DE GRAVEDAD CUCHARA EN Y : -7.4303
 CENTRO DE GRAVEDAD DE LA CABINA : (-10.0 10.0 0.0)
 PUNTO MEDIO INFERIOR ORUGAS : (0.0 -9.7 0.0)
 ESPESOR ORUGAS : 8.0
 LONGITUD ORUGAS : 45.3
 ALTURA DE LA ORUGAS : 9.7

4.8.1.2. Reporte Fuerzas: En este reporte se obtienen los ángulos de los elementos principales de la retroexcavadora, las fuerzas en los pivotes, las fuerzas en los gatos y por ultimo las fuerzas de fricción y sustentación de la maquina.

Antes de emplear esta orden se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Parar**. Después de imprimir el reporte, se debe ir al menú de barra **Manejar** y seleccionar la opción **Reiniciar** para que el programa funcione nuevamente.

DATOS DE CALCULO DE FUERZAS

Ang. Aguilon = 30.00
 Ang. Pluma = -30.00
 Ang. Barra 1 = 30.00
 Ang. Cuchara = 4.98

Fza AX = -8277.21
 Fza AY = -19089.64
 Fza BX = 6031.53
 Fza BY = 5072.71
 Fza CX = 855.96
 Fza CY = 519.19
 Fza DX = 2337.51
 Fza DY = -662.48
 Fza EX = -1854.21
 Fza EY = 2387.46
 Fza FX = 855.96
 Fza FY = 469.19
 Fza GATO1 = 23313.23
 Fza GATO2 = -6277.99
 Fza GATO3 = -3365.38
 fk = 483.30
 F/L2 P1 = -13.75
 F/L2 P2 = 37.24

4.9.MODIFICACION MAQUINAS

La información acerca de las dimensiones y los ángulos en los cuales se encuentran dispuestos inicialmente los elementos de la retroexcavadora, se hallan en el archivo MODELO.DAT . La maquina standar que el programa trae por defecto puede ser modificada a gusto del usuario teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones :

4.9.1.Crear Nuevo Archivo. Se debe crear un archivo nuevo con un nombre diferente a MODELO.DAT esto se logra empleando la barra de menú identificada como **File** y siguiendo el procedimiento descrito inicialmente.

4.9.2 Modificar Angulos. Al crear un archivo nuevo de la retroexcavadora, por ejemplo MAQUINA1, la información de los ángulos de los elementos de la retroexcavadora se puede cambiar sin ningún problema, los ángulos se encuentran dados en GRADOS no en Radianes.

El cambio del valor de los grados no influye en el funcionamiento de la maquina ya sea en forma esquemática o real.

4.9.3 Modificar Longitudes de los elementos. Las longitudes de los elementos también pueden ser cambiadas, es de tener en cuenta que las longitudes de los elementos de la retroexcavadora se encuentran dadas en UNIDADES, no en metros ó milímetros como podría llegar a suponerse, solo son unidades de dibujo.

El cambio de las longitudes no afecta el funcionamiento de la retroexcavadora, siempre y cuando se emplee únicamente en forma esquemática.

Cuando por el contrario el usuario desee trabajar con la retroexcavadora en forma real deberá tener en cuenta que al modificar las longitudes de los elementos, las longitudes de los bloques también deben ser modificadas, en otras palabras los bloques iniciales no podrían ser utilizados en el manejo en forma real.

Es importante tener en cuenta que la geometría de la retroexcavadora la define la longitud de los ejes de los elementos, el comportamiento o trayectoria que describen los elementos de la maquina depende únicamente de la longitud de los ejes y no de la forma externa de los mismos. Los bloques de los elementos de la retroexcavadora se encuentran creados en el archivo **MAQUINA.DWG**. El procedimiento para crear bloques nuevos o modificar los existentes se sale del

5 - GUIA PARA SOLUCIONAR OTROS PROBLEMAS.

Se explicará la forma como se realizó el trabajo, para que el usuario pueda en cualquier caso utilizar el método empleado en la solución de este problema como una guía, con la cual se puedan resolver otro tipo de problemas de barras de la vida real.

5.1. FILOSOFÍA O MÉTODO DEL PROGRAMA.

El desarrollo del proyecto se efectuó de la siguiente forma:

- Planteamiento y análisis del problema.
- Generación de una solución general teórica (ALGORITMO)
- División de la solución general en pequeños módulos.
- Convertir los módulos en ordenes de algún lenguaje de programación.
- Obtención de la solución.

5.2.DEFINICION GEOMETRICA DE LOS ELEMENTOS DE LA MAQUINA.

La geometría de los elementos se definió de la siguiente forma:

Para ubicar los ejes de cada elemento el usuario debe pensar en que esta realizando desplazamientos en el eje de coordenadas X o en el eje de coordenadas Y , este desplazamiento solo se realiza describiendo trayectorias perpendiculares entre si. Nunca se emplearan trayectorias diagonales o con cualquier tipo de ángulo de inclinación con respecto a los ejes X o Y de coordenadas.

No debe olvidarse que cada elemento posee su propio sistema de coordenadas, el cual permanece fijo al elemento. Tomaremos como ejemplo la geometría del aguilón y ubicaremos el punto N , la ubicación de los puntos restantes que conforman el aguilón se basa en el mismo método.

l_a = Longitud del eje del aguilón = 70.5

x_m = Distancia entre A y M en el eje X = Desplazamiento de A hasta M en el eje X
= 29.0

y_n = Distancia entre M y N en el eje Y = Desplazamiento de M hasta N en el eje Y
= 11.5

Desplazandonos en X y posteriormente en Y ubicamos el punto N, los puntos restantes se ubican de igual forma.

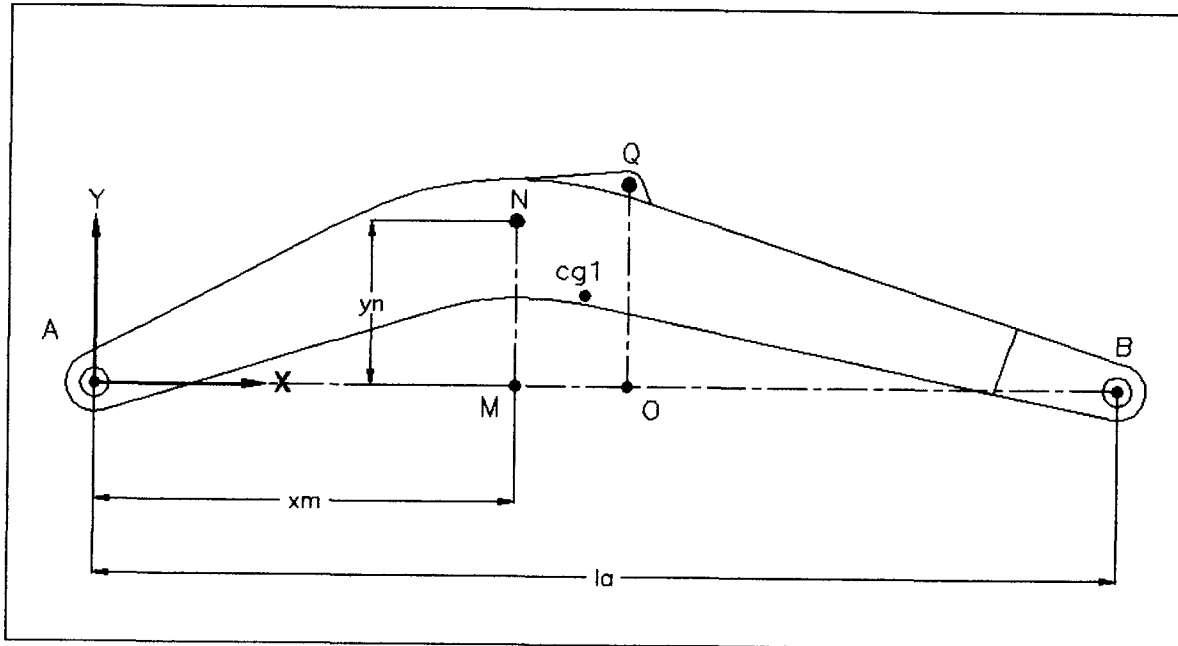


Figura 25. Definición geométrica del aguilón.

5.3. RUTINAS DEL PROGRAMA QUE NO DEPENDEN DEL PROBLEMA.

Son pequeños programas que se pueden emplear en la solución de cualquier problema de barras y no dependen del problema en si. Entre esta rutinas tenemos las siguientes:

; FUNCION IniciaParametros - NUMERAL 2.3.1.

```
(defun IniciaParametros ()
  (setvar "COORDS" 0) ; APAGAR COORDENADAS ; COORDENADAS.
  (setvar "CMDECHO" 0) ; MODIFICACION VARIABLE CMDECHO ; CMDECHO Y HIGHLIGHT
  (setvar "HIGHLIGHT" 0) ; MODIFICACION VARIABLE HIGHLIGHT ;
  (setq ViejoErr *error* *error* NuevoErr) ; NUEVO ERROR
)
```

; FUNCION Dato - NUMERAL 2.3.3.

```
(defun Dato (/ dto)
  (while (not (equal (chr (read-char J)) ":")))
  (setq dto (read-line J))
  (if (not (equal dto nil))
    (read dto)
    (ErrorMaquina "1") ; ARCHIVO MALO
  )
)
```

; FUNCION LeeDatos - NUMERAL 2.3.2.

```
(defun LeeDatos (Arch / j) ; LECTURA ARCHIVO DATOS
  (setq j (open Arch "r")) ; APERTURA ARCHIVO PARA LECTURA
  (repeat 2 (read-line j)) ; DESECHA TITULO DATOS BASICOS
  (setq Pa (Dato) ; COORDENADAS PTO A
    Ta (Gtor (Dato)) ; ANGULO INICIAL AGUILON
    Tp (Gtor (Dato)) ; ANGULO INICIAL PLUMA
    Tc (Gtor (Dato)) ; ANGULO INICIAL BARRA 1
    Tj (GtoR (Dato)) ; ANGULO INICIAL = 0
  )
  (close j)
)
```

; UBICA PUNTO A PARTIR DE OTRO DESPLAZANDOSE EN X - Y

```
(defun Rectang (p1 p2 dx dy / p ang)
  (setq ang (angle p1 p2))
  p (polar p1 ang dx)
  p (polar p (+ ang (/ pi 2.0)) dy)
)
```

;FUNCION CalculaCuatroBarras - NUMERAL 2.3.5.

```
(defun CalculaCuatroBarras (Dibuja / ok)
  (setq Ang (+ Ta Tp (- Tc)))
  Pfv Pf Pf (polar Pc Ang lb1)
  d (distance Pd Pf)
  a (/ (+ (* lb2 lb2) (* d d) (- (* lb3 lb3))) (* 2 d))
)
(if (< a lb2)
  (setq x (sqrt (- (* lb2 lb2) (* a a)))
    p (polar Pf (angle Pf Pd) a)
    p1 (polar p (+ (angle Pf Pd) (/ pi 2)) x)
    Pev Pe Pe p1 ;(Escoja cpf cp1 cp2)
    CG3 (polar Pc (angle Pc Pf) cg3x) ;OBTENER COORD CENTRO GRAVEDAD BARRA 1
    CG4 (polar Pf (angle Pf Pe) cg4x) ;OBTENER COORD CENTRO GRAVEDAD BARRA 2
    CG5 (Rectang Pd Pe cg5x cg5y) ;OBTENER COORD CENTRO GRAVEDAD CUCHARON
  )
)
```

```

      ok T
    )
    (setq ok nil Pf Pfv)
  )
  (if (and Dibuja ok)
    (progn
      (if (not Esquema)
        (command "LAYER" "s" "ejes" "off" "ejes" "y" ""))
      )
      (command "LINE" Pc Pf "") (setq B1 (entlast)) ;DIBUJO Y ASIGNO EJES
      (command "LINE" Pf Pe "") (setq B2 (entlast)) ;PARA EL MECANISMO DE
      (command "LINE" Pe Pd "") (setq B3 (entlast)) ;CUATRO BARRAS
      (command "POINT" CG3) (setq Pcg3 (entlast))
      (command "POINT" CG4) (setq Pcg4 (entlast))
      (command "POINT" CG5) (setq Pcg5 (entlast))
      (command "LAYER" "s" "0" "") ;ACTIVO EL LAYER 0
      (command "UCS" "3P" Ph Pf (polar Ph (+ (angle Ph Pf) (/ pi 2.0)) 1))
      (command "INSERT" "G3" (0 0) (distance Ph Pf) 1 0) ;INSERTO GATO 3
      (setq BG3 (entlast)) ;ASIGNAR BLOQUE GATO 3
      (command "UCS" "r" "ppal") ;RESTAURAR UCS PPAL
      (if (not Esquema)
        (progn
          (command "INSERT" "B1" Pc "" "" (RtoG (- (+ Ta Tp) Tc)))
          (setq BB1 (entlast)) ;ASIGNAR BLOQUE BARRA 1
          (command "INSERT" "B2" Pf "" "" (RtoG (angle Pf Pe)))
          (setq BB2 (entlast)) ;ASIGNAR BLOQUE BARRA 2
          (command "INSERT" "PALA" Pd "" "" (RtoG (angle Pd Pe)))
          (setq BB3 (entlast)) ;ASIGNAR BLOQUE BARRA 3
        )
      )
    )
  )
  ok
)

```

```

;FUNCION Caract - NUMERAL 2.3.17.

```

```

(defun caract (cod ent)
  (cdr (assoc cod (entget ent)))
)

```

```

;FUNCION Extremo - NUMERAL 2.3.16.

```

```

(defun Extremo (cod ent / pto vu)
  (setq pto (caract cod ent) vu (caract 210 ent))
  (list (+ (* (car pto) (- (cadr vu))) (* (cadr pto) (car vu)))
    (last pto)
  )
)

```

```

;FUNCION ActualizePuntos - NUMERAL 2.3.15.

```

```

(defun ActualizePuntos ()
  (setq Pb (Extremo 11 Ag)
    Pc (Extremo 10 B1)
    Pd (Extremo 11 Pl)
    Pf (Extremo 11 B1)
    Pe (Extremo 11 B2)
    Ph (Extremo 11 EG3)
    Pnv Pn Pn (Extremo 11 EG1)
  )
)

```

```

Pjf (caract 10 BG1)
Pq (Extremo 11 EG2)
Psv Ps Ps (Extremo 11 EG4)
CG1 (Extremo 10 Pcg1)
CG2 (Extremo 10 Pcg2)
CG3 (Extremo 10 Pcg3)
CG4 (Extremo 10 Pcg4)
CG5 (Extremo 10 Pcg5)
)
)

;FUNCION CONVERTIR GRADOS A Radianes
(defun GtoR (ang)
  (* (/ ang 180.0) pi)
)

;FUNCION CONVERTIR Radianes A Grados
(defun RtoG (ang)
  (* (/ ang pi) 180.0)
)

; MANEJAMOS LA MAQUINA EMPLEANDO EL
;FUNCION Maneje - NUMERAL 2.3.7. ; TECLADO ALFANUMERICO.
(defun C:Maneje (/ siga tec vpv pent cent Ori zw)
  (setq siga T zw 0)
  (while siga
    (setq tec (last (gread))) ;FUNCION LEER TECLADO
    (cond
      ((= tec 2001) (menucmd "S=hp") )
      ((= tec 2002) (setq siga nil) )
      ((or (= tec 55) (= tec 2)) (rotarA 2.0) ) ;TECLA 7 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 49) (= tec 3)) (rotarA -2.0) ) ;TECLA 1 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 56) (= tec 4)) (rotarB 3.0) ) ;TECLA 8 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 50) (= tec 5)) (rotarB -3.0) ) ;TECLA 2 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 57) (= tec 6)) (rotarC -3.0) ) ;TECLA 9 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 51) (= tec 7)) (rotarC 3.0) ) ;TECLA 3 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 52) (= tec 8)) (rotar 5.0) ) ;TECLA 4 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 54) (= tec 9)) (rotar -5.0) ) ;TECLA 6 ALFANUMERICA
      ((or (= tec 69) (= tec 101) (= tec 2003)) ;TECLA E O e PARA FIN
      (setq siga nil)
      )
      ((or (= tec 70) (= tec 102) (= tec 3001)) ;TECLA F O f CALCULAR FUERZAS
      (AdmOpcionFzas)
      )
      ((or (= tec 87) (= tec 119) (= tec 5001)) ; TECLA W O w PARA ZOOM WINDOW
      (prompt "nDOS PUNTOS: ")
      (command "ZOOM" "w" pause pause)
      (setq zw (1+ zw))
      )
      ((or (= tec 80) (= tec 112) (= tec 5002)) ; TECLA P O p PARA ZOOM PREVIOUS
      (if (/= zw 0) (progn
        (command "ZOOM" "p")
        (setq zw (1- zw))
      ))
      )
      ((or (= tec 86) (= tec 118) (= tec 5003)) ; TECLA V O v PARA VPOINT (PUNTO DE VISTA)
      (command "VPOINT" "" pause)
      (command "ZOOM" "e")
      (setq zw (1+ zw))
    )
  )
)

```



```

)
( (or (= tec 73) (= tec 105) (= tec 5004)) ; TECLA I O I PARA PUNTO DE VISTA INICIAL
  (command "VPOINT" '(-1 -1 1))
)
)
;
(if Simula
  (command "MSLIDE" (strcat "p" (itoa (setq cnt (1+ cnt)))))
)
)
;
)
;_____

;FUNCION Selset - NUMERAL 2.3.14.
(defun selset (l / c)
  (setq c (ssadd))
  (foreach ent l
    (ssadd ent c)
  )
)
;
; FUNCION InicieMatriz - NUMERAL 2.4.5.
;_____ ; MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES
(defun InicieMatriz ()
  (setq matriz
    '(
      (01 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 1) (8 0) (9 1) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
      (02 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 1) (9 0) (10 1) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
      (03 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 3) (10 3) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
      (04 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 -1) (10 0) (11 1) (12 0) (13 0) (14 0) (15 3) (16 0))
      (05 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 -1) (11 0) (12 1) (13 0) (14 0) (15 3) (16 3))
      (06 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 3) (10 3) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
      (07 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 1) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 -1) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 0))
      (08 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 0) (6 1) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 -1) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
      (09 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 3) (6 3) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 0) (15 0) (16 3))
      (10 (1 0) (2 0) (3 1) (4 0) (5 -1) (6 0) (7 -1) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 3) (15 3) (16 0))
      (11 (1 0) (2 0) (3 0) (4 1) (5 0) (6 -1) (7 0) (8 -1) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 3) (15 3) (16 3))
      (12 (1 0) (2 0) (3 0) (4 0) (5 3) (6 3) (7 3) (8 3) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 0) (14 3) (15 3) (16 3))
      (13 (1 1) (2 0) (3 -1) (4 0) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 3) (14 3) (15 0) (16 0))
      (14 (1 0) (2 1) (3 0) (4 -1) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 3) (14 3) (15 0) (16 3))
      (15 (1 0) (2 0) (3 3) (4 3) (5 0) (6 0) (7 0) (8 0) (9 0) (10 0) (11 0) (12 0) (13 3) (14 3) (15 0) (16 3))
    )
  )
)
;
;_____

; FUNCION ConvDato - NUMERAL 2.4.4.
;_____ ; CONVIERTE UN TEXTO QUE CONTIENE
(defun ConvDato (dato / cnt mag ang)
  (setq cnt 1) ; DOS DATOS NUMERICOS QUE
  (while (not (equal (substr dato cnt 1) "<")) (setq cnt (1+ cnt))) ; REPRESENTAN LA MAGNITUD Y EL
  (setq mag (atof (substr dato 1 (1- cnt)))) ; ANGULO DE LA FUERZA.
  (ang (atof (substr dato (1+ cnt) (- (strlen dato) cnt)))
  )
  (list mag ang)
)
;
;_____

; FUNCION LeeFza - NUMERAL 2.4.3.
;_____ ; LEE DEL USUARIO EL PUNTO DE
(defun LeeFza (esc / pin pf pu pl ti ang mag bxt dato l)
  (setq pin (getpoint "nPUNTO DE APLICACION: ") pf pin pu pin pl pin ti 5) ; APLICACION, LA MAGNITUD Y
  (prompt "nPUNTO FINAL") ; DIRECCION DE LA FUERZA DE
  (while (= ti 5) ; EXCAVACION O PESO DEL MATERIAL
    (if (not (equal pf pu 0.01)) ; REMOVIDO EN EL MODELO DE LA
      (progn ; MAQUINA.

```

```

      (setq pf pu
        ang (RtoG (angle pin pf))
        mag (* esc (distance pin pf))
        txt (strcat "Fza=" (rtos mag 2 2) " , " "Ang=" (rtos ang 2 2))
      )
      (grtext -2 txt)
      (grdraw pin pl -1) (grdraw pin pf -1) (setq pl pf)
    )
  )
  (if (= ti 5) (setq l (grread 1) ti (car l) pu (cadr l)))
)
(if (= ti 2) (progn
  (princ (strcat "\n" (chr pu)))
  (setq dato (strcat (chr pu) (getstring)))
  (setq l (ConvDato dato) mag (car l) ang (last l))
))
(list pin mag ang)
)

```

; FUNCION Reemp - NUMERAL 2.4.7.

```

(defun Reemp (valor fi co / fila viejo nuevo)
  (setq fila (assoc fi matriz)
    viejo (assoc co (cdr fila))
    nuevo (list co valor)
    fila (cons (car fila) (subst nuevo viejo (cdr fila)))
    matriz (subst fila (assoc fi matriz) matriz)
  )
)

```

```

; REEMPLAZAR LOS COEFICIENTES
; VARIABLES CALCULADOS EN LA
; MATRIZ INICIAL.

```

; FUNCION LeeDibFzaExc - NUMERAL 2.4.2.

```

(defun LeeDibFzaExc (esc / Fw Tf Pw info)
  (setq info (LeeFza esc)
    Pw (car info) Fw (cadr info) Tf (GtoR (last info))
    Pwf (polar Pw Tf (/ Fw esc))
  )
  (command "LINE" Pw Pwf ""
    "INSERT" "flecha" Pwf 1 "" (RtoG (angle Pw Pwf))
    "TEXT" "br" Pwf 0 (rtos Fw 2 0)
  )
  (list Fw Tf Pw)
)

```

```

; LEE Y DIBUJA LA FUERZA DE
; EXCAVACION O PESO DEL MATERIAL
; REMOVIDO EN EL MODELO DE LA
; MAQUINA.

```

; FUNCION CalcMatriz - NUMERAL 2.4.1.

```

(defun CalcMatriz (/ Prms Aij Ahf Afh Aqs Asq Ajn)
  (setq Prms (LeeDibFzaExc 100.0)
    Fw (car Prms) Tf (cadr Prms) Pw (last Prms)
  )
  (InicieMatriz)
  (setq Aij (* (- Fw) (cos Tf)))
  (Reemp Aij 01 16)
)

```

```

; CALCULAR Y REEMPLAZAR
; COEFICIENTES VARIABLES
; EN LA MATRIZ INICIAL.

```

; COEFICIENTE [01,16]

; FUNCION EscMat - NUMERAL 2.4.8.

```

(defun EscMat (/ arch fila elem)
  (setq arch (open "datos.dat" "w"))
  (princ "15" arch) (princ "\n" arch)
  (foreach fila matriz
    (foreach elem (cdr fila)
      (princ (last elem) arch) (princ " " arch)
    )
  )
  (princ "\n" arch)
)

```

```

; ESCRIBIR DATOS DE LA MATRIZ
; EN UN ARCHIVO DATOS.DAT

```

```

)
(close arch)
)

; FUNCION LeeFuerzas - NUMERAL 2.4.10.
(defun LeeFuerzas (/ arch fza lf)
  (setq arch (open "FUERZAS.DAT" "r")
    fza (read-line arch)
    lf ())
  (while fza
    (setq lf (append lf (list (read fza)))
      fza (read-line arch))
  )
  (close arch)
  lf
)

; FUNCION DibujeFzaPivote - NUMERAL 2.4.13.
(defun DibujeFzaPivote (p fx fy / q f)
  (setq q (list (+ (car p) (/ fx 250.0)) (+ (cadr p) (/ fy 250.0)))
    f (sqrt (+ (* fx fx) (* fy fy)))
  )
  (command "LINE" p q ""
    "INSERT" "flecha" q 1 "" (RtoG (angle p q))
    "TEXT" "BR" q 0 (rtos f 2 0))
  )

; FUNCION PtoMedio (p1 p2)
; CALCULA PUNTO MEDIO ENTRE P1 Y P2 DE FUERZAS EN GATOS ;
(list (/ (+ (car p1) (car p2)) 2.0) (/ (+ (cadr p1) (cadr p2)) 2.0))
)

; FUNCION DibujeFzaGato - NUMERAL 2.4.14.
(defun DibujeFzaGato (f p1 p2 / a12 a21 pa pb)
  (setq f (/ f 500.0)
    a12 (angle p1 p2) a21 (angle p2 p1)
    pa (polar p1 a12 f) pb (polar p2 a21 f)
  )
  (if (> f 0.0)
    (command "LINE" p1 (polar p1 a12 f) ""
      "INSERT" "flecha" pa 1 "" (RtoG a12)
      "LINE" p2 (polar p2 a21 f) ""
      "INSERT" "flecha" pb 1 "" (RtoG a21)
    )
    (command "LINE" p1 (polar p1 a12 f) ""
      "INSERT" "flecha" pa 1 "" (RtoG a21)
      "LINE" p2 (polar p2 a21 f) ""
      "INSERT" "flecha" pb 1 "" (RtoG a12)
    )
  )
  (command "TEXT" (PtoMedio p1 p2) 0 (rtos (* 500.0 f) 2 0))
  )

```

5.4. ANALISIS VOLCAMIENTO MODELO

Uno de los problemas que se pueden analizar con el modelo de la retroexcavadora es el volcamiento de la misma en un determinado instante. El volcamiento se presentara cuando una de las presiones **P1** o **P2** tengan un sentido negativo.

5.4.1 Volcamiento con P1 negativo

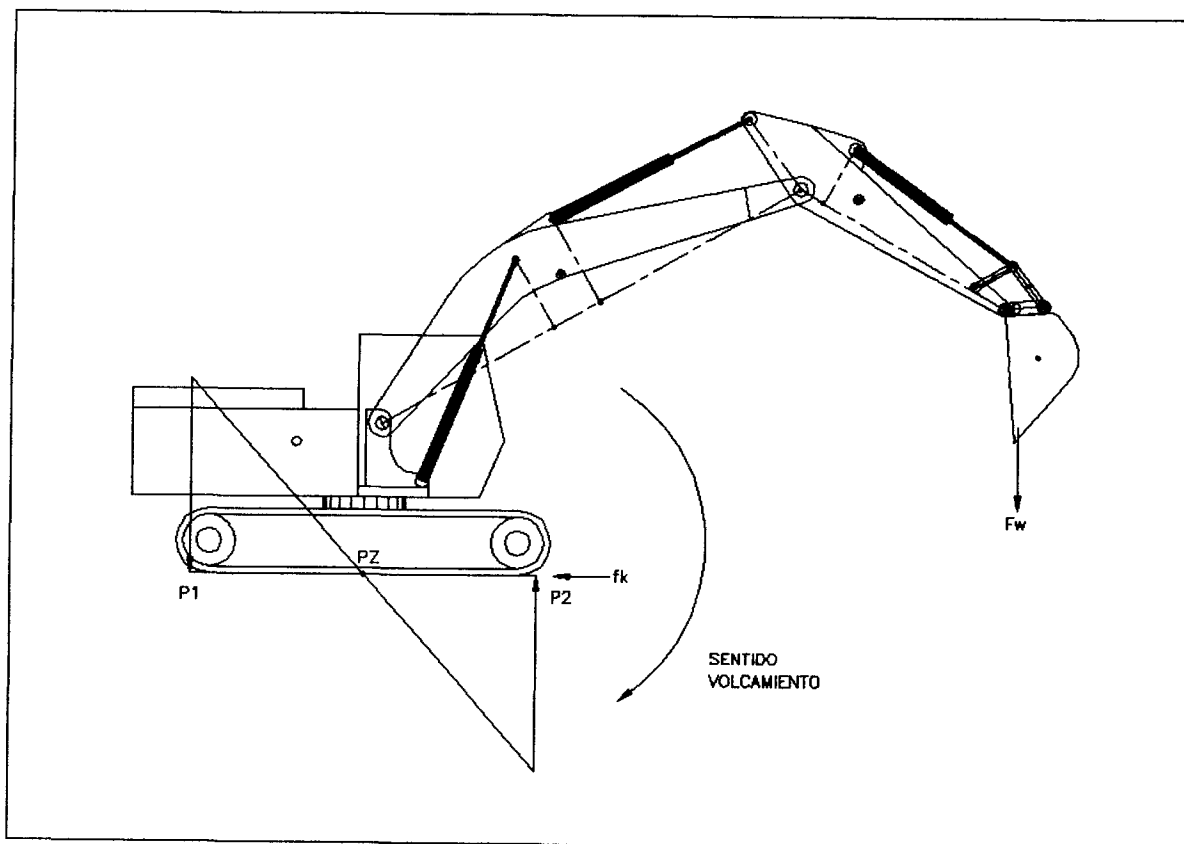


Figura 26. Volcamiento con P1 negativo.

5.4.2 Volcamiento con P2 negativo

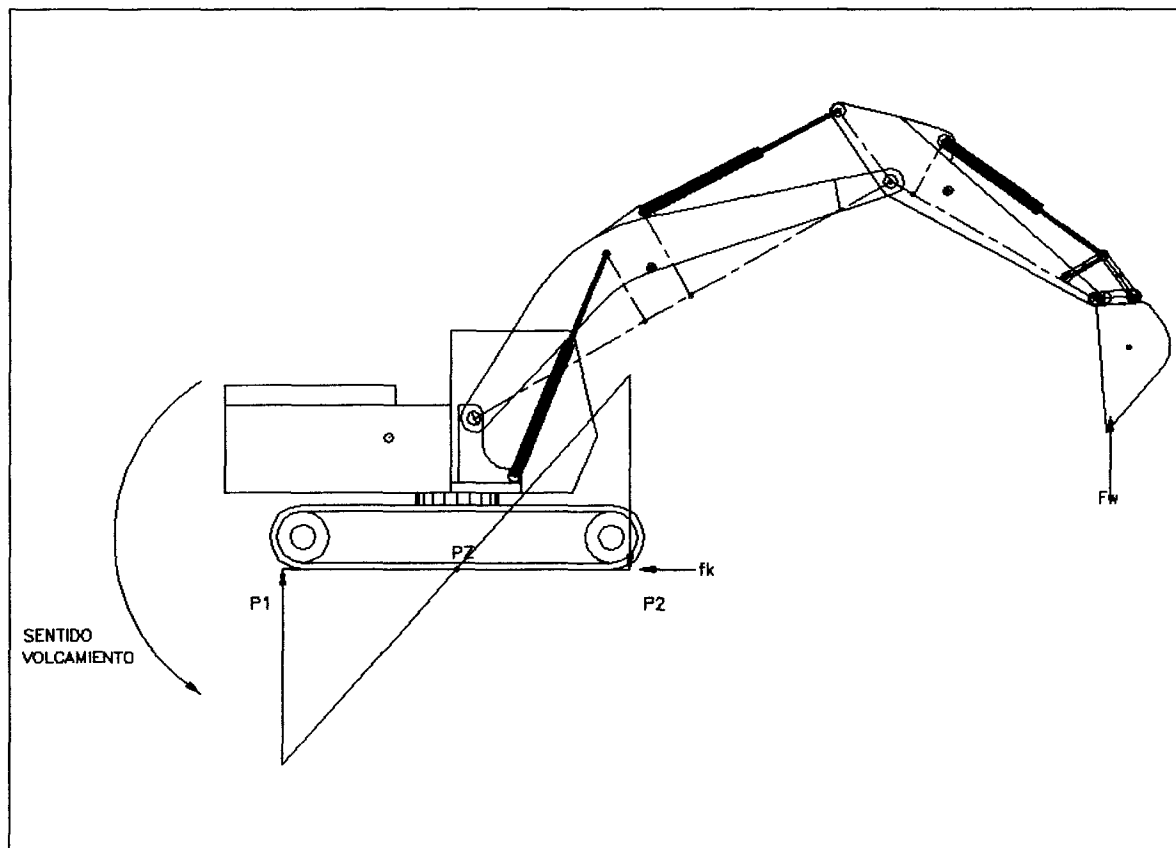


Figura 27. Volcamiento con P2 negativo.

5.5. APLICACIONES A OTRAS MAQUINAS.

Cuando se habla de aplicaciones a la solución de problemas en otras maquinas que también poseen mecanismos de barras, debemos tener en cuenta que cada maquina es un problema totalmente diferente, el cual debe ser resuelto empleando el mismo método con el cual se obtuvo la solución para la retroexcavadora.

Las rutinas en LISP que posee el programa de la retroexcavadora no se ajustan exactamente a otros problemas, no es cuestión de eliminar o adicionar rutinas al programa de la retroexcavadora para de esta forma obtener la solución a otro problema de mecanismo de barras. Para llegar a la solución de cualquier problema planteado se deben seguir el orden indicado a continuación:

- Planteamiento y análisis del problema.
- Generación de una solución general teórica (ALGORITMO).
- División de la solución general en pequeños módulos.

-Convertir los los módulos en ordenes de algún lenguaje de programación, que en este caso es el AUTOLISP. Debemos resaltar que el lenguaje de programación seleccionado podría ser cualquier otro, no necesariamente AUTOLISP.

-Obtención de la solución.

La parte gráfica se maneja en forma sencilla con el empleo de AUTOCAD, cuando se desee estudiar una maquina diferente a la retroexcavadora la representación o dibujos de los elementos de la maquina a estudiarse deben ser modificados para que se ajusten a las nuevas condiciones de trabajo. Se debe tener en cuenta que los dibujos de las partes de la maquina son BLOQUES y de esta forma es que el programa de la retroexcavadora los identifica para obtener la sensación de movimiento del modelo a ser estudiado.

Para la creación de los bloques de los elementos se aconseja seguir las recomendaciones de los textos de AUTOCAD, debido a la complejidad que en algunos casos muy particulares puedan llegar a presentar los elementos constitutivos de la nueva maquina a ser estudiada.

También se sugiere la consulta de textos de AUTOLISP durante la modificación de las rutinas o programas que controlan el modelo. El programa que se

encuentra elaborado en lenguaje C no requiere ser modificado en ningún caso debido a que su función esta limitada al calculo de una matriz de $M \times N$ elementos.

La solución del problema no esta limitada a un solo lenguaje de programación, en nuestro caso empleamos AUTOLISP para poder aprovechar las bondades del programa de dibujo y diseño asistido por computador AUTOCAD.

5.6. APLICACION A PROBLEMAS DINAMICOS.

Cuando se requiera analizar problemas dinámicos, en los cuales el modelo esta sometido a determinadas aceleraciones y velocidades, el programa de la retroexcavadora se podrá emplear para obtener una solución aproximada.

Con el programa de la retroexcavadora obtenemos la siguiente información:

- Geometría básica de todos los elementos de la retroexcavadora.

- Las coordenadas de algunos puntos de la retroexcavadora.

- Pesos y centros de gravedad de los elementos.

- Fuerzas en pivotes y gatos de la maquina.

-Fuerzas de fricción y sustentación de la maquina.

Para solucionar los problemas dinámicos se emplearía la información de los ángulos, los centros de gravedad de los elementos constitutivos del modelo, la aceleración y velocidad angulares sugeridas de trabajo de la maquina.

Con la aceleración y la velocidad, el ángulo de posicionamiento y el peso de cada elemento ubicado en el centroide correspondiente, se pueden calcular las componentes rectangulares de la fuerza inercial que se genera en cada elemento de la maquina. Teniendo en cuenta que la componente vertical de la fuerza inercial afectaría aumentando o disminuyendo el peso de los elementos del modelo y la componente horizontal modificaría la fuerza de fricción f_k de la retroexcavadora.

6. CONCLUSIONES

-Se creó un método para el análisis y solución de problemas de mecanismos de cuatro barras.

-Se desarrolló un software que controla el modelo de la maquina y sus diferentes funciones.

-Se dejan las bases para que en el futuro se puedan adicionar un modulo de calculo estructural de la maquina y un modulo de análisis y calculo de elementos hidraulicos.

-Se creó un reporte con toda la información geométrica de la maquina y las fuerzas calculadas durante el funcionamiento de la misma.

-La solución del problema se puede obtener con cualquier lenguaje de programación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COGOLLOR GOMEZ, Jose L. Programación en Auto Lisp; Guía práctica de Entrenamiento. Mexico, Macrobit Editores, 1991, 149 p.

TAJADURA ZAPARAIN, Jose Antonio y LOPEZ FERNANDEZ, Javier. Auto Cad Versión 12. España, McGraw-Hill/Interamericana, 1193, 256 p.

———. AutoLisp Versión 11. España, McGraw-Hill/Interamericana, 1191, 232 p.